

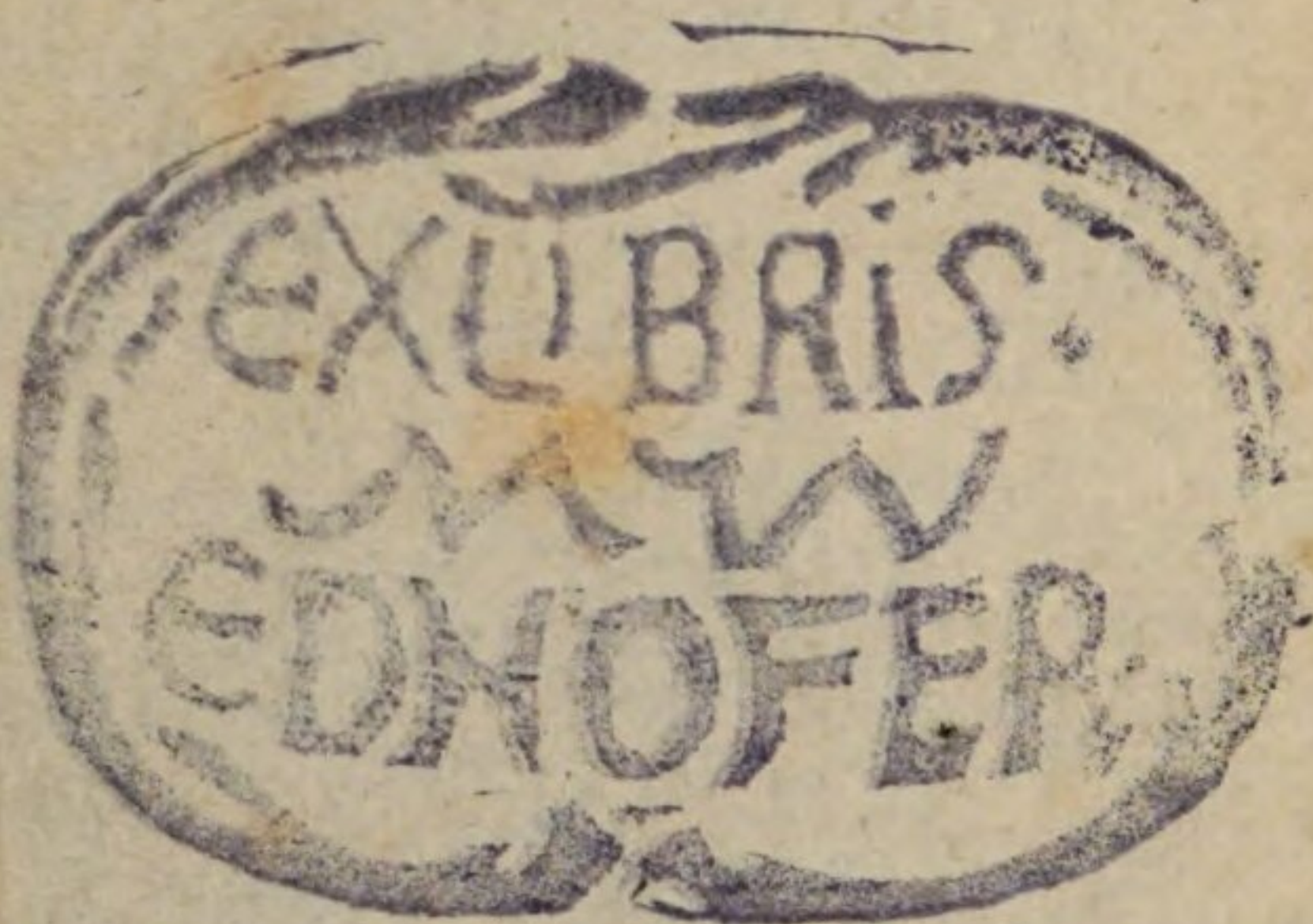
Grundriss
der
Physiologie
des
Menschen.

Von
Dr. C. Kolb.

Mit vielen Abbildungen in Holzschnitt.

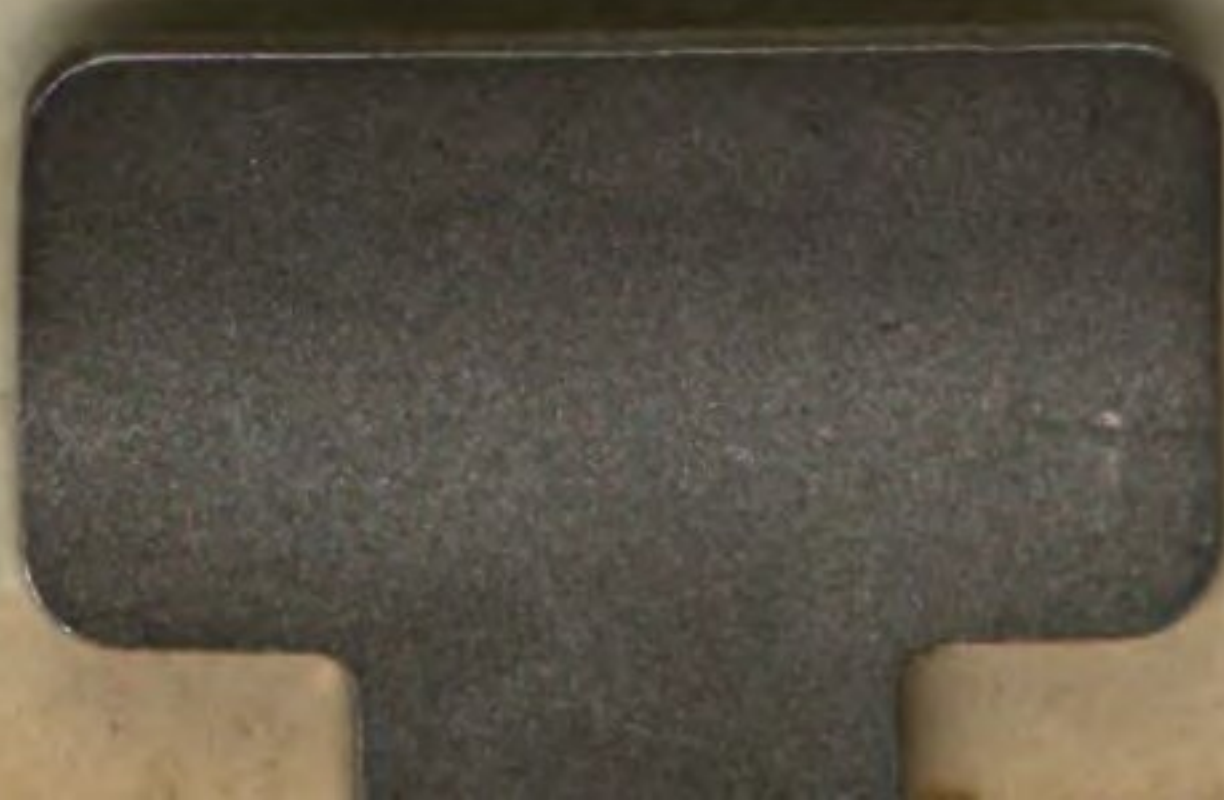
Stuttgart.
Verlag von Adolph Krabbe.
1864.

Med. g. 268 ^m 15



of 61 pp

with 24



Medizinische

Repetitorium der Anatomie

V. Band

Repetitorium der Physiologie des

Menschen

von

Dr. C. Kolb

1867

Dr. C. Kolb

Leipzig

Verlag von C. F. Winter

1867

C
Medicinische

Repetitorien u. Examinatorien.

—
V. Band. = 00

Repetitorium der Physiologie des
Menschen.

Nebst
beigefügtem Examen.

Von

Dr. C. Kolb.

—
Stuttgart.

Verlag von Adolph Krabbe.

1864.

705
Grundriss

der

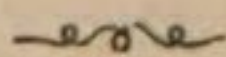
Physiologie

des

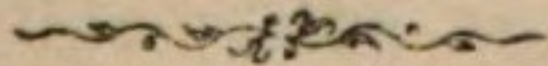
Menschen.

Von

Dr. C. Kolb.



Mit 82 Abbildungen in Holzschnitt.



Stuttgart.

Verlag von Adolph Krabbe.

1864.

916017785



VORWORT.

Als der Verfasser vor zehn Jahren seine Bibliothek medicinischer Repetitorien und Examinatorien begann, ging er vornämlich mit der Absicht ans Werk, den Studirenden bündige Ueberblicke über die betreffenden Wissenszweige zu geben, die ihnen bei den Vorlesungen ihrer Lehrer bequeme Anknüpfungspunkte bieten sollten. Es war ihm gegönnt, die Ueberzeugung zu gewinnen, dass sein Plan nicht nur in ausgedehnter Weise beifällige Würdigung gefunden hat, sondern dass auch seine Arbeiten vielen Praktikern lieb und nützlich geworden sind, vielleicht desshalb, weil es ihm bei seiner eigenen Stellung als Praktiker gelang, aus der Fülle des verfügbaren Materials den für sie besonders werthvollen Stoff nicht

ganz ohne Geschick herauszugreifen. Nach so ermuthigender Erfahrung übergibt er nun den 5. Band seiner Bibliothek der Oeffentlichkeit, indem er den Kreis seiner alten Freunde um eine gleich günstige Aufnahme bittet. Zum Zweck präparatorischer Arbeiten ist für Studirende wieder ein Examinatorium, zu bequemerer Nutzung des Büchleins aber ein eingängliches alphabetisches Sachregister beigelegt.

Stuttgart im Juni 1864.

Der Verfasser.

INHALT.

	Seite
Einleitung	1

Erstes Buch.

DIE ERNÄHRUNG.

Erstes Kapitel.

Die Verdauung	3
A. Die Nahrungsmittel	3
B. Mechanische Verdauungsvorgänge	14
C. Chemische Verdauungsvorgänge	22

Zweites Kapitel.

Die Absorption	35
---------------------------------	----

Drittes Kapitel.

Das Blut	50
---------------------------	----

Viertes Kapitel.

Der Kreislauf	62
1. Das Herz	64
2. Arterieller Blutlauf	76
3. Capillarblutlauf	83
4. Venöser Blutlauf	85
5. Blutlauf der Pfortader und der erectilen Gewebe	88

Fünftes Kapitel.

Die Respiration	92
----------------------------------	----

Sechstes Kapitel.

Die thierische Wärme	112
---------------------------------------	-----

Siebentes Kapitel.

Die Secretionen	120
1. Functionen der Leber	120
2. Functionen der Nieren	126
3. Hautsecretionen	136
4. Schleimsecretion	137
5. Seröse und synoviale Secretionen	137

Anhang.

Die Blutgefäßdrüsen	138
--------------------------------------	-----

Achtes Kapitel.

Die Ernährung der Gewebe	141
---	-----

Zweites Buch.

DIE FUNCTIONEN DER BEZIEHUNG.

Erstes Kapitel.

Bewegung	150
---------------------------	-----

Zweites Kapitel.

Stimmbildung und Sprache	182
---	-----

Drittes Kapitel.

Functionen des Nervensystems	193
---	-----

A. Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems	193
---	-----

B. Specielle Physiologie des Nervensystems	215
--	-----

1. Gehirn- und Rückenmarksnerven	215
----------------------------------	-----

2. Cerebrospinalachse	221
-----------------------	-----

3. Der grosse Sympathicus	231
---------------------------	-----

4. Seelische Thätigkeiten	236
---------------------------	-----

Viertes Kapitel.

Der Sinn des Gesichts	245
--	-----

Fünftes Kapitel.

Der Gehörsinn	277
--------------------------------	-----

Sechstes Kapitel.

Die chemischen Sinne	285
---------------------------------------	-----

1. Geruch	285
-----------	-----

2. Geschmack	287
--------------	-----

Siebentes Kapitel.

Das Fühlen	290
-----------------------------	-----

Drittes Buch.

ZEUGUNG UND ENTWICKLUNG.

Erstes Kapitel.

Die Zeugung beim Menschen	300
--	-----

A. Der männliche Samen	300
------------------------	-----

B. Das Ei und die Menstruation	304
--------------------------------	-----

C. Begattung und Befruchtung	306
------------------------------	-----

D. Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett	308
---	-----

E. Das Säugen	311
---------------	-----

Zweites Kapitel.

Die Entwicklung des Eichens in der Gebärmutter	313
---	-----

Drittes Kapitel.

Wachsthum. Cylische Veränderungen.	
---	--

Involution	330
-----------------------------	-----

Examinationium über die Physiologie des Menschen	334
---	-----

EINLEITUNG.

Die Anatomie hat uns mit dem Bau des menschlichen Körpers und seiner verschiedenen Organe bekannt gemacht; Aufgabe der Physiologie ist es, uns über die Bedeutung der letzteren in ihrem Eigenwirken sowohl, als in ihrem Einfluss auf die Kette der Verrichtungen aufzuklären, welche den Begriff des Lebens constituirt — in der uns vorliegenden Aufgabe des gesunden Lebens; denn es begreift sich, dass wir zuerst ein Normalbild haben müssen, wenn wir uns sollen ein Urtheil bilden können über die Abweichungen, welche man als krankhafte Erscheinungen zu bezeichnen pflegt. Nur so weit wir die Lebensthätigkeiten nach Evolution, Blüte und Involution in ihren Bedingungen und in ihrer normalen Kundgebung erfasst haben, wird es uns möglich werden, die krankhaften Veränderungen nach ihrer Bedeutung zu schätzen und die Bedingungen derselben zu ergründen. Die Physiologie bildet sonach die Grundlage der Pathologie, das heisst im methodologischen Sinne; denn die Hilfswissenschaften, deren der Arzt für den Zweck der Gesundheitserhaltung oder Wiederherstellung bedarf, greifen so vielseitig in einander, dass man nicht einmal die Einzelstücke eines bestimmten Wissenschaftszweigs, geschweige denn diese verschiedenen Zweige selbst streng abschliessend systematisch gliedern kann, und so wird auch in der Physiologie die Bedeutung eines manchen Organs erst klar, wenn man es, sei es krankhaft oder experimentativ, in einen Ausnahmezustand versetzt sieht. Ebenso ragen Chemie und Physik mit tausend Armen in die Physiologie herein, wie denn gerade die am besten erforschten Lebensvorgänge das Walten derselben Grundgesetze erkennen lassen, welche auch in der unorganischen Natur sich kundgeben, und daher mehr und mehr die Vermuthung Raum gewinnt, dass es der exakten Forschung gelingen werde, viele der zur Zeit noch dunklen Vorgänge auf bereits bekannte Gesetze zurückzuführen. Ueberhaupt bietet die exacte Forschung allein einen Boden, auf dem man einen sicheren Halt findet für die Ausdehnung der Eroberungen auf dem Gebiet

der Wissenschaft, und obschon wir vorläufig die Errungenschaften der Gegenwart nur als zerstreute Angriffsorts betrachten dürfen, so wollen wir doch lieber das Lückenhafte unseres dermaligen Besitzes eingestehen, als die Defekte durch Spekulationen ergänzen, die vielleicht schon der nächste Tag über den Haufen wirft. Damit ist uns aber auch das Feld präcisirt, auf welchem sich die Behandlung unseres Gegenstandes zu bewegen hat, indem wir einfach von den praktischen Resultaten der Beobachtung und des Experiments Akt nehmen, und es dem Metaphysiker überlassen, sich die geheimnissvollen Fragen über die Ursache des Lebens, Lebensidee, Lebenskraft oder wie man sie nennen mag, aprioristisch zu deuten.

Der leibliche Mensch wurzelt in der natürlichen Gliederung unseres Planeten, welchem er die Elemente seines Entstehens und seines Fortbestandes entnimmt, um schliesslich sie an denselben zu neuer Formenentwicklung zurückzugeben. Sein Verhalten in somatischer Beziehung, mit der wir es hier allein zu thun haben, mag von verschiedenen Kategorien aus betrachtet werden, welche wir in folgende Abschnitte zerfällen.

1. Die Lehre von der Ernährung oder den vegetativen Thätigkeiten (dem An- und Abbau des Organismus, Stoffwechsel).

2. Die Lehre von den Functionen der Beziehung zur Aussenwelt (animalischen Functionen, Bewegung, Empfindung).

3. Die Lehre von den Functionen, welche auf die Erhaltung der Art berechnet sind (Fortpflanzung und Entwicklungsgeschichte).

Die beiden ersten Glieder dieser Classification haben es mit den Erscheinungen am Individuum zu thun, während das letzte sich die Erhaltung der Art zum Hauptobject nimmt. Indess sind in der Erscheinung selbst diese Gruppen so wenig streng geschieden, dass wir in der Behandlung der einzelnen Gegenstände uns häufig zu Uebergriffen von der einen in die andere veranlasst sehen werden. So hätte es seine grosse Inconvenienz, wenn wir die Elemente der Bewegung, mögen sie nun der Förderung der vegetativen Thätigkeiten, oder den Akten einer freien Willensäusserung dienen, von einander trennen wollten, um so mehr, da die unter dem Einfluss des Willens stehende gestreifte Muskelfaser so häufig unwillkürlich den Ernährungsprocessen (Verdauung, Respiration, Circulation) zu dienen hat. Die Functionen des Nervensystems, ob sie sich im vegetativen oder im animalischen Leben kundgeben, lassen sich nicht gut von einander trennen; und haben wir einmal angefangen, dem Entstehen des Menschen vom Ei an bis zur Geburt zu folgen, so liegt es nahe, diese Entwicklungsgeschichte auch ausser dem Uterus bis zu ihrer im Tod erfolgenden Involution fortzuführen, ohne Rücksicht darauf, dass viele Partien eigentlich in den Rahmen des Buchs von der Ernährung des Individuums gehören.

Erstes Buch.

DIE ERNÄHRUNG.

Erstes Kapitel.

V e r d a u u n g.

A. Die Nahrungsmittel.

Die organische Natur wurzelt in der unorganischen und gliedert sich in Pflanzen- und Thierreich. Die Pflanzenwelt wandelt unter Bindung von Elektrizität und Wärme die einfachen Verbindungen der chemischen Elemente, welche sie der Luft und der Erde entnimmt, in organische (ternäre und quaternäre) um und scheidet Sauerstoff aus; die Thierwelt nimmt die organischen Substanzen in sich auf, um sie unter dem Einfluss des in den Organismus eingeführten Sauerstoffs und unter Entwicklung von Wärme und Elektrizität in binäre Verbindungen zu zerlegen, welche sie an Luft und Erde zurückgibt. Dies ist in kurzen Zügen der Ernährungskreislauf der belebten Wesen, welche ihr Material aus der unorganischen Welt holen und wieder an dieselbe zurückerstatten.

Unsere Aufgabe hat es mit dem Menschen zu thun. Die Ernährung hat die Aufgabe, dem Anbau und der Functionirung der Gewebe zu dienen. Was zu diesem Ende in den Dauungskanal eingeführt wird, heisst Nahrungsmittel.

Die Nahrungsmittel müssen alle die chemischen Elemente enthalten, aus welchen der Körper zusammengesetzt ist. Diese sind: 1. Sauerstoff (O), 2. Wasserstoff (H), 3. Stickstoff (N), 4. Kohlenstoff (C), 5. Chlor (Cl), 6. Schwefel (S), 7. Phosphor (P), 8. Fluor (F), 9. Calcium (Ca), 10. Magnesium (Mg), 11. Silicium (Si), 12. Natrum (Na), 13. Kalium (K), 14. Eisen (Fe), 15. Mangan (Mn). Einige andere, zum Beispiel Aluminium, Kupfer, Arsenik, Blei, die den flüssigen oder

festen Gewebtheilen beigemengt sein mögen, müssen als zufällige Erfunde betrachtet werden; dasselbe gilt vielleicht auch von dem Mangan, das in denselben Geweben vorkömmt, wie das Eisen, und dasselbe zu ersetzen scheint, wo es dem Organismus in reichlicher Menge in den Nährstoffen (im Salat, Spargel, Blumenkohl u. s. w.) zugeführt wird. Auch Jod soll ein Bestandtheil des menschlichen Körpers sein und nur in jenen Gegenden fehlen, welche die Kropfbildung und den Kretinismus begünstigen. Es gibt nicht viele Nahrungsmittel, welche alle diese Elemente in den fürs höhere Thierleben geeigneten Verhältnissen in sich schliessen und daher die Bezeichnung von vollkommenen verdienen (eines davon ist das Ei, aus dem sich der junge Vogel ausbaut, ein anderes die Milch, welche für die Ernährung des Säugethiers ausreicht); auch ist das Gebiet der Nahrungsmittel so weit, dass es die Wissenschaft längst für zweckmässig gehalten hat, dieselbe auf ihren Nährwerth zu untersuchen und nach der Bedeutung ihrer Bestandtheile für das Leben zu classificiren. Die auf diese Weise ermittelten Stoffe können als Nährelemente betrachtet werden und stammen sowohl aus der unorganischen als aus der organischen Natur.

Gruppe der unorganischen Nährelemente.

Sie haben eine bestimmte, constante Zusammensetzung, sind gewöhnlich aus der Verbindung zweier chemischen Elemente oder Elementenpaare hervorgegangen (binäre Verbindungen) und zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Organismus nicht oder nur wenig verändert werden. Sie haben die Bestimmung, einerseits durch ihr Eingehen in die Gewebe denselben für mechanische Zwecke eine grössere oder geringere Festigkeit zu verleihen, andererseits in den chemischen Vorgängen des Lebens eine Rolle zu spielen. Um ihrer allgemeinen Verbreitung willen finden sie sich in allen Nahrungsmitteln, jedoch in verschiedenen Mengenverhältnissen.

Das Wasser ist wegen seines Lösungsvermögens ein wesentlicher Faktor für die Erhaltung der verschiedenen Functionen des Organismus; auch hängen von ihm die meisten Eigenschaften der Gewebe, ihre Feuchtigkeit, Weichheit, Geschmeidigkeit, Elasticität u. s. w. ab. Es macht mehr als zwei Drittheile des Körpergewichts aus, indem z. B. selbst die dünnen Epidermisgebilde 3,7, die Zähne 10, die Knochen 13, die Muskel 75, die Gehirns substanz 80 Procent enthalten und überhaupt die Vitalität der Gewebe im Verhältniss zu ihrem Wassergehalt zu stehen scheint. Blumenbach besass eine Mumie, die nur 7½ Pfund wog. Der erwachsene Mensch verbraucht in der Form von Getränk und Speisen, die meist davon 75 bis 80 Procent enthalten, täglich ungefähr 4 Pfund Wasser, die im Urin, im Darmkoth, in den Lungen- und Hautexhalationen u. s. w. wieder ausgeschieden werden. Seine Verdunstung auf der Körperoberfläche ist ein gewichtiges Beihilfsmittel, um die thierische Wärme in gleichmässiger Höhe zu erhalten.

Der phosphorsaure Kalk macht im erwachsenen Körper 5—6 Pfd aus und veranlasst die Festigkeit der entsprechenden Gewebe. Der Zahnschmelz, welcher eine Härte besitzt, dass er am Stahl Feuer gibt, enthält 88,5, die Knochensubstanz 55, das Muskelgewebe 0,25, das Blut 0,03 Procente. Er wird im Blut durch das alkalische Eiweiss, im Urin durch das doppelt phosphorsaure Natrum gelöst erhalten.

Der kohlensaure Kalk macht 8 Procent der Skelettmasse aus und soll bei der Knochenerweichung fehlen.

Phosphorsaure Magnesia, zu 1—2 Procenten Bestandtheil der Knochen- und Zahnschmelzsubstanz.

Fluorcalcium, zu 1 Procent in der Knochensubstanz.

Kieselerde, spärlich in Haaren und Knochen.

Als binäre Nährelemente, welche vornämlich in Beziehung zu den chemischen Lebensprocessen stehen, nennen wir das Chlornatrium, das kohlensaure und schwefelsaure Natrum, die phosphorsauren Alkalien, Schwefel, Phosphor und Eisen.

Gruppe der organischen Nährelemente.

Sie bestehen aus ternären oder quaternären Verbindungen, welche von dem Pflanzenleben gebildet und in den thierischen Organismus übergeführt, respective weiter verarbeitet werden. Ihre Nährwerthe bestehen in der Kohle und in dem Stickstoff, den sie enthalten. Mit dem ersten dienen sie vornämlich der Erzeugung von Wärme, welche für die wichtigsten Processe des Thierlebens erforderlich ist, mit der letzteren dem Anbau der eigentlichen animalischen Gewebe und deren entsprechender Functionirung; Kohle und Stickstoff müssen indess bereits in der betreffenden organischen Verbindung mit dem Thierorganismus in Berührung kommen, da weder die Kohle für sich, noch der Stickstoff der Luft oder eine binäre Verbindung desselben den genannten Zwecken dienen kann. Wir zertheilen die hiehergehörigen Stoffe nach ihrer Zusammensetzung in stickstofffreie und stickstoffhaltige.

a. Stickstofffreie Nährelemente.

Sie entstammen zum grössten Theil dem Pflanzenreich, bestehen durchgängig aus Kohle mit Wasserstoff und Sauerstoff und heissen, wo die beiden letzteren im Verhältniss der Wasserbildung vorhanden sind, Kohlenhydrate (Stärkmehl, Dextrin, Zucker, Milchsäure, Zellstoff). Da sie durch die organischen Verbrennungsprocesse unter Wärmeentwicklung mit Leichtigkeit in Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden, von denen die erstere mit der Athemluft wieder ausscheidet, so pflegt man sie respiratorische Nährelemente oder Wärmebilder zu nennen, obschon sie oder ihre Producte zum Theil auch wesentlich in den Bau der Gewebe eingehen und im Nothfalle die stickstoffigen Gewebe wegen ihres Gehalts an Kohle zu respiratori-

schen Nährstoffen werden können. Die wichtigsten sind:

Das Stärkmehl, mit 44 Procent Kohle, das verbreitetste Element in den pflanzlichen Nahrungsmitteln, dient der Verdauung erst in seinen Umwandlungen zunächst in Dextrin, dann in Krümelzucker.

Der Krümelzucker, Stärkmehl-, Trauben-, Honig- oder Leberzucker, eine identische Zusammensetzung, die nur nach ihrem Vorkommen im Thier- oder Pflanzenreich verschieden benannt wird, hat 36 % Kohle. Rohrzucker (C. 42), Milchzucker (C. 40), Muskelzucker unterscheiden sich von dem Stärkmehlzucker nur durch ihren grösseren oder geringeren Wassergehalt.

Die Milchsäure stammt nicht bloß aus der sauer gewordenen Milch, sondern aus sauer gewordenen Speisen überhaupt, dem Sauerkraut; ferner bildet sie sich in stärke-, gummi- oder zuckerhaltigen Flüssigkeiten, welche neben stickstoffigen Substanzen einer Temperatur von 30–40° ausgesetzt sind, daher bei der Verdauung. Gewöhnlich entsteht mit ihr unter Entbindung von Kohlensäure und Wasserstoff die Buttersäure, die in dem Maas stärker hervortritt, in welchem die Milchsäure abnimmt.

Die Cellulose hat den Kohlengehalt des Stärkmehlzuckers und ist ein gewöhnlicher Bestandtheil der vegetabilischen Nahrungsmittel, sofern er die Hüllen der Pflanzenzellen, den Bast, die Holztheile der Gewächse, die Fasern des Flachses, der Baumwolle u. s. w. bildet. In starker Faser ist sie unverdaulich und entzieht die von ihr umschlossenen Nährelemente (in den Hülsenfrüchten z. B., wofern diese nicht zerdrückt werden) dem Einfluss des Verdauungssafts; doch scheint sie bei jungen Gewächsen verdaut zu werden. Schwefelsäure wandelt sie in Dextrin um.

Die Gummarten haben die Zusammensetzung des Stärkmehls. Ihnen schliesst sich das Pektin im Mark der fleischigen Früchte und Wurzeln an.

Die Fette sind reicher an Kohle als die Kohlenhydrate, und man kann im Durchschnitt ihren Kohlengehalt zu 70 Procenten anschlagen. Sie entstammen sowohl dem Pflanzen- als dem Thierreich und bestehen aus einem als Basis auftretenden organischen Radical, dem Glycerin, das durch stärkere Basen (beim Verseifungsprocess durch Kali und Natrum, bei der Pflasterbereitung durch Bleioxyd) ausgetrieben wird, und einer oder mehreren von den verschiedenen Fettsäuren, durch welche dem Fett der Charakter des Oels, des Schmalzes, der Butter, des Talgs, des Wachses u. s. w. verliehen wird. Ihrer Armuth an Sauerstoff bei viel Kohle und Wasserstoff verdanken sie ihre leichte Verbrennlichkeit und damit auch ihren Werth als Wärmebilder. Die Polarmenschen sind besonders erpicht auf Fettnahrung und verbrauchen davon unglaubliche Mengen. John Franklin erzählt, er habe in dieser Beziehung die Capicität eines Eskimoknaben zu erproben versucht, das Experiment aber aus Sorge für seine Vorräthe aufgegeben, nachdem der Bursche vierzehn Pfund Talglichter nebst

einer schönen Speckschwarte verzehrt hatte und sich noch immer nach mehr umsah.

b. Stickstoffige Nährelemente.

Die Chemie ist bis jetzt nicht in der Lage, die Zusammensetzung der wichtigsten stickstoffhaltigen Verbindungen im Thier- und Pflanzenreich, der sogenannten Eiweisskörper, mit Sicherheit anzugeben. Mulder nahm für einen Theil derselben eine gemeinschaftliche organische Grundlage, das Proteïn an, welches je nach der Beimischung von Schwefel und Phosphor den in beiden organischen Reichen gleichmässig vorkommenden Eiweissstoff, Faserstoff und Käsestoff (Proteïnsubstanzen) constituiren sollte. Da sich jedoch dieser hypothetische Grundstoff nicht schwefelfrei darstellen lässt, auch die Menge des Schwefels und Phosphors in der organischen Materie nicht genau bestimmt werden kann und es ausserdem zweifelhaft ist, ob der Phosphor in der von Mulder gedachten Art von Verbindung auftritt, so genügt die einfache Berührung der Mulderschen Theorie, ohne dass wir ihr weitere Folgen geben. Ueberhaupt sind diese Proteïnsubstanzen in der Art ihrer Zusammensetzung so wenig verschieden, dass die Ueberführung der einen in die andere mit Leichtigkeit vor sich gehen zu können scheint. Die stickstoffigen Nährelemente haben die Bestimmung, in die eigentlichen animalischen Gewebe einzugehen und im Organismus sich zu Trägern der thierischen Functionen zu potenziren; sie führen desshalb die Bezeichnung plastische Elemente oder Kraftbilder. Als quaternäre Verbindungen schliessen sie ausser dem Stickstoff auch Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff ein und qualificiren sich desshalb um ihres Kohlengehalts willen auch zu Wärmebildern; doch stehen sie in dieser Beziehung den Kohlenhydraten weit nach, da die Umsetzung der letzteren viel leichter von statten geht. Die wichtigsten Kraftbilder sind:

Der Eiweissstoff, der im getrockneten Zustand 22⁰/₁₀₀ Stickstoff und 53⁰/₁₀₀ Kohle enthält, wird im Thierreich fast in reinem Zustand vom Weissen des Eis geliefert. Man findet ihn ferner in der Nervensubstanz, im Blutserum, im Chylus, in der Lymphe und in allen vom Blutserum durchdrungenen Geweben. Er gerinnt in einer Wärme von 50—55⁰, wenn dies nicht durch die Anwesenheit von Alkalien gehindert wird. Aus wässerigen Lösungen lässt er sich durch Wärme, Weingeist, starke Säuren, Tannin und verschiedene Metallsalze niederschlagen. Das Pflanzeneiweiss kömmt in den öligen Samen und im Pflanzensaft vor.

Der Faserstoff (15⁰/₁₀₀ Stickstoff und 53⁰/₁₀₀ Kohle) bildet den Grundbestandtheil der Muskeln und des von selbst gerinnenden Blutes: aus diesen Substanzen hergestellt erscheint er in der Form zäher, elastischer graulich-weisser Fäden. Er hat so ziemlich die Eigenschaft des geronnenen Eiweisses und ist reicher an Sauerstoff, kann also als die erste Oxydationsstufe des Eiweissstoffes betrachtet werden. Der Pflanzenfaserstoff ist Bestandtheil vieler Samen und scheidet

sich aus den ausgepressten vegetabilischen Säften, die man stehen lässt, nebst dem Satzmehl als Bodensatz aus. In Verbindung mit den Salzen und dem Pflanzenleim gibt er den Kleber, welcher in den nährenden Eigenschaftfn der verschiedenen Mehlartern eine wichtige Rolle spielt.

Der Käsestoff (15% Stickstoff und 54% Kohle) ist die stickstoffige Substanz der Milch, in welcher er sich gelöst befindet. Er gerinnt nicht in der Wärme, wohl aber unter der Einwirkung von selbst milden Säuren, wodurch er sich vom Eiweissstoff unterscheidet. Der pflanzliche Käsestoff heisst auch Legumin, weil er vorzugsweise in den Samen der Hülsenfrüchte zu finden ist.

Die Leimarten (Gelatin und Chondrin) können vom Eiweissstoff abgeleitet werden und verdanken ihre bedeutende Zusammensetzungsabweichung vielleicht der starken Hitzeinwirkung, durch die sie unter Zusatz von Wasser gewonnen werden. Der Leim spielt als Nährelement nur eine untergeordnete Rolle, da er, obschon leicht ins Blut überführbar, doch nicht zum Ersatz der Gewebselemente verbraucht wird, aus denen er gewonnen wurde, da diese sich aus den andern Proteinstoffen neu bilden. Nach Bischoff und Voit setzt er sich fast vollständig in Harnstoff um und mag daher den Verbrauch von andern stickstoffigen Geweben beschränken, respektive diese sparen helfen. Ein Theil dürfte zu Fleischansatz verwendet werden.

Von diesen Elementengruppen ist keine für sich im Stand, das Leben zu unterhalten. Nach Magendies, Tiedemanns und Gmelins Versuche starben Gänse, die sie bloss mit respiratorischen Nährstoffen (Zucker, Gummi und Stärkmehl) fütterten, nach 16—45 Tagen. Hunde magerten bei reiner Zuckerdiät von der zweiten Woche an ab; die Fresslust verging; es entstanden Geschwüre auf der Cornea, und der Tod erfolgte am 30—32. Tage. Nach dem Tod fand man alles Fett aufgezehrt und die Muskeln hatten $\frac{5}{6}$ ihres Gewichts verloren. (Vergl. damit die Mittheilung des Dr. Budd, dass die fast ganz von Reis lebenden Hindus häufig an Corneageschwüren leiden.) — Die ausschliessliche Ernährung mit plastischen Nährstoffen gibt ein ähnliches Resultat. Thiere die man mit reinem Eiweiss, reinem Faserstoff oder Leim füttert, gehen eben so rasch zu Grund, als wenn sie gar keine Nahrung genossen hätten. Ein Hund, dem man diese drei Stoffe durcheinander reichte, hielt wohl drei Monate aus, starb aber am Ende doch. Daraus ergibt sich experimentativ, was die Zusammensetzung des thierischen Organismus aprioristisch annehmen lässt, dass der Mensch auf eine beide organische Ernährungsgruppen in sich fassende Nahrung angewiesen ist, und zwar in einem dem Verbrauch entsprechenden Mass und Verhältniss. Der englische Arzt Stark genoss 45 Tage lang Wasser und Brod (letzteres, ein gemischtes Nahrungsmittel mit geringem Gehalt an

plastischen Elementen, in steigender Quantität von 20—38 Unzen täglich) und verlor dabei 8 Pfd. Körpergewicht. Dann nahm er vier Wochen Brod und Zucker, dann drei Wochen Brod und Baumöl. Nach acht Monaten starb er unter Diarrhoe und Marasmus als Opfer seines physiologischen Eifers.

Hieraus ergibt sich, dass nur jenes Nahrungsmittel ein vollkommenes genannt werden kann, welches sowohl die respiratorischen als die plastischen Elemente in den Verhältnissen in sich schliesst, in welchen sie dem Anbau sowohl, als dem Verbrauch entsprechen. Es gibt einige solche, welche für sich ausreichen. Die Raupen der Schmetterlinge zum Beispiel sind meist bloss auf eine einzige Pflanze angewiesen; ein Hund kann allein von Knochen leben, und der junge Mensch bedarf keiner anderen Nahrung als der Milch. Wenn indess eine gewisse Speise dem Anschein nach auch alle passenden Nährelemente in sich fasst, so finden wir doch, dass sie ausschliesslich oder nur sehr häufig genossen zuletzt Widerwillen und Eckel erzeugt. Möglich dass dies seinen Grund in der mangelhaften Beimischung unorganischer Elemente hat; jedenfalls lehrt uns dieses Gefühl, das den instinktartigen Empfindungen des Hungers und des Durstes analog ist, dass wir zu einem gesunden kräftigen Leben der Abwechslung mit den Speisen bedürfen.

Wir können hier auf die Frage eingehen, ob nicht der Mensch, wie manche Philosophen vermutheten, auf die Pflanzennahrung angewiesen sei. Allerdings bietet das Pflanzenreich alle die erforderlichen Nährelemente; indess sind die pflanzlichen Eiweissstoffe doch nicht ganz identisch mit den thierischen und bedürfen deshalb zur Umbildung in Gewebe eines grösseren Kraftaufwandes; auch sind sie meist in unverdauliche Zellstoffhüllen eingeschlossen und daher nicht so leicht in die Nahrungssäfte zu überführen, ein Verhältniss, dem bei den Pflanzenfressern durch die grössere Länge und durch die eigenthümlichen Einrichtungen des Dauungskanals Rechnung getragen wird. Völker, die vorzugsweise von Pflanzenkost leben, sind daher unkräftig, sanft und sklavischer Sinnesart. Man spricht zwar von Gegenden, in welchen Mehlarten die einzige Nahrung ausmachen sollen; allein diese Angaben sind unrichtig. Die Elsässer Bauern geniessen zu ihren Kartoffeln viel dicke Milch, und das Oca der Umwohner von Quito (in den Anden) besteht nicht bloss aus Kartoffeln, sondern wird mit viel Käse gekocht. Wo der Reis die Hauptnahrung bildet, geniessen ihn die Leute wie wir das Brod zu Fleisch und Milch. In Ostindien, wo nur die niedern Klassen Fleisch essen, alle andern aber vorzüglich von Vegetabilien, namentlich Reis leben, ist der Verbrauch des letztern auf den Einzelnen ungeheuer, daneben wird aber auch das Kari genossen, ein Gericht aus Fleisch, Fisch oder Gemüse, mit Reis vermischt und mit sehr wenig Wasser gekocht. — Ebensowenig ist der Mensch ordnungsmässig zum Fleischesser bestimmt, obschon der Fettgehalt wohl geeignet ist, das Respirationsmaterial zu liefern. Der Consume wäre ungeheuer und bei der Bevölkerung der Erde in keiner

Weise zu decken, wenn die Menschen nicht sich selber aufzehrten. Völker, welche vorzugsweise von Fleischnahrung leben, sind wild, kriegerisch, Freiheit liebend. So scheint denn die gemischte Nahrung die Bedingung eines edlen, strebsamen, unter dem Schutz wechselseitiger Achtung stehenden Zusammenlebens.

Es ist durch sorgfältige Beobachtungen ermittelt, dass der erwachsene Mensch, wenn er nicht an Arbeitskraft und Leibesschwere Einbusse erleiden soll, täglich ungefähr das Zwanzigstel seines Eigengewichts, also wenn wir das Durchschnittsgewicht zu 130 Pfund annehmen, auf die sich durch Rechnung jedes andere reduciren lässt, $6\frac{1}{2}$ Pfund nöthig hat. Hievon kommt freilich der grösste Theil auf Rechnung des Wassers, das entweder als solches getrunken oder als Beimischung der Speisen genossen wird, so dass nur etwa $1\frac{1}{4}$ Pfund feste trockene Substanz als Tagesration für einen Menschen von der angedeuteten Schwere gerechnet werden darf, ein Durchschnittsmass, das natürlich nach Beschäftigung, Geschlecht, Gesundheitszustand, Jahreszeit und Klima Abänderungen unterworfen ist. Um diesen Etat zweckmässig zu gliedern, müssen wir dem der Ausgaben vorgreifen und, da die Nährwerthe sich nach dem Gehalt an Kohle und Stickstoff berechnen, hier angeben, dass für unser vorausgesetztes Körpergewicht nach Vierordt im Durchschnitt täglich 18 Loth Kohle und 1,2 Loth Stickstoff durch die Haut- und Lungenrespiration und die verschiedenen Secretionsorgane ausgeschieden werden. Natürlich muss der Abgang wieder ersetzt werden, und es ist Aufgabe des Physiologen, zu untersuchen, wie dies in zweckmässigster Weise geschehen mag.

Nehmen wir als Typus der stickstoffarmen Alimente das Brod, als Typus der stickstoffreichen das Fleisch an. Das erstere enthält nach Payens Analysen in runder Zahl 30% Kohlenstoff und 1% Stickstoff. Um also den verlorenen Stickstoff zu ersetzen, müsste der Mensch in 24 Stunden nahezu 4 Pfund Brod ($3\frac{3}{4}$) geniessen; nun enthalten aber diese $3\frac{3}{4}$ Pfund Brod 36 Loth Kohle, während doch 18 ausreichen, also um 18 zuviel, welche ohne einen Nutzen für den thierischen Haushalt die Verdauungskräfte ermüden. Man wird also zweckmässig statt der zweiten Hälfte des Brods, deren Kohlenstoff dem Organismus nicht mehr zu statten kömmt, eine kleinere Menge von mehr stickstoffigem Nährwerth (Fleisch, Eier, Käse) reichen.

Sehen wir, zu welchem Resultat eine ausschliessliche Fleischnahrung führt. Knochenfreies entfettetes Ochsenfleisch enthält 12% Kohlenstoff und 3% Stickstoff. Um nun die für 24 Stunden erforderlichen 18 Loth Kohlenstoff zu erhalten, müsste der Mensch täglich die ungeheure Menge von 4 Pfunden 22 Lothen Fleisch verzehren, während doch für seinen Bedarf an Stickstoff 40 Lothe ausreichen; es würden also 2 Pfund 14 Loth unnütz verbraucht. Daraus ersieht man, dass der Mensch nicht zum ausschliesslichen Fleischesser bestimmt sein kann.

Eine aus Brod und Fleisch zweckmässig gemischte

Mundportion dagegen reicht aus, um die nöthigen Kohlenstoff- und Stickstoffmengen zu liefern, ohne dass man von dem einen oder dem andern Theil in nutzlosem oder wohl gar schädlichem Uebermass zu geniessen hatte. Es enthalten

	Kohle	Stickstoff
$1\frac{5}{8}$ ℥ Brod . . .	15,6	0,52
$\frac{3}{4}$ ℥ Ochsenfleisch	2,08	0,72
$2\frac{3}{8}$ ℥ feste Nahrung	18,48	1,24 Lothe.

Wir haben damit eine mit den Ausgaben vollkommen harmonirende, also sehr zweckmässige Tagesportion.

Wie viel bei der Ernährung verschwendet werden kann, sehen wir, wenn Reis oder Kartoffeln die Tagesportion ausmachen müssen. Um mit ersterem die Kohlenausgaben zu decken, sind 50 Loth, zu Deckung des Stickstoffaufwands 133 Loth nöthig; es geht also dabei der Kohlenstoffbestandtheil von 2 Pfunden 19 Lothen nutzlos verloren. — Von den Kartoffeln fordert der Kohlenstoffbedarf 6 Pfund 6 Loth, der Stickstoffbedarf 9 Pfd. 12 Lothe, wesshalb der Kohlengehalt von 3 Pfund 6 Lothen ungenützt bleibt. Dazu die Volumina, die man zu nehmen hat! Wer auf solche Kost angewiesen ist, sagt freilich, man könne einen Sack auch zumachen, eh er voll ist; allein was man eben an Ernährung fehlen lässt, wird an Arbeitskraft und Gesundheit eingebüsst. Eine Kenntniss der Nährwerthe, welche uns befähigt, die Nahrungsmittel in einer geeigneten Weise zu combiniren, hat indess ausser dem hygiänischen auch einen bedeutenden ökonomischen Werth, wesshalb ich eine Tabelle der am häufigsten zur Verwendung kommenden mit ihren Gehalten an Kohle und Stickstoff in Procenten beifüge.

	Kohlenst.	Stickst.
Ochsenfleisch (ohne Fett und Knochen)	12	3
Hammelfleisch	16	4
Schweinfleisch	16	3
Schweinspeck (frisch)	15	1,8
Ei (à 3 Loth)	15	1,9
Milch	6	0,7
Käse	19	4,9
Roggen	37	1,6
Roggenbrod	19	1,9
Waizenmehl	35	2,1
Waizenbrod	24	1,3
Gerste	34	1,6
Mais	37	1,6
Haber	34	1,9
Reis	36	0,9
Erbsen (grüne)	36	3,6
Erbsen (reife)	35	3,3
Bohnen	34	3,4
Ackerbohnen	38	4,0
Linsen	37	3,7
Aepfel und Birnen	5	—
Kartoffeln (weise)	8,5	0,4
Kartoffeln (blaue)	6,4	0,3

Kohlenst. Stickst.

Gelbe Rüben (aus gut gedüng-		
tem Boden)	5,7	0,2
Kohlrabi	6,6	0,3

Aus dem bisher Gesagten erhellt, dass der alleinige Genuss von erdigen Substanzen nicht nähren kann und dass die Otomaken und Guamos am Orinoko, desgleichen die Bewohner von Neuschottland, welche in Zeiten von Hungersnoth sich den Magen mit einer gewissen Erde zu füllen pflegen, nur ihren Hunger betrügen, wofern dieses Material nicht organische Substanzen enthält. Personen, welche die Nahrungsmittel nicht zweckmässig zu wählen verstehen, sind schwer zu ersättigen, wie man gewöhnlich an Dienstboten oder Lehrlingen vom Lande wahrnimmt, bis sie sich an eine geordnetere Ernährung gewöhnt haben. Parry erzählt von einem Eskimo, der in 24 Stunden 37 Pfunde fester Nahrung einnahm. Bei Kindern ist um des Wachstums willen der Nahrungsverbrauch verhältnissmässig ein stärkerer. Dagegen erzählt man von einem gewissen Cornaro, dass er 58 Jahre täglich von 24 Lothen fester Nahrung und 28 Lothen leichten Weins gelebt habe. Die Geschichten von Menschen, die jahrelang ohne alle Nahrung gelebt haben sollen, wie Klaus von der Flue, Maria von Mörl, wurzeln nicht auf physiologischem Boden, sondern fallen in das Reich der Wunder, zu deren Beurtheilung es uns an eingehenden sachkundigen Zeugnissen fehlt.

Gänzliche Unterbleibung der Nahrungszufuhr hat den Hungertod zur Folge, da der Verbrauch stetig auf Kosten der organischen Gewebe fortgeht, und Urin, Excremente, Kohlensäure bis zum Tod entleert werden, ohne dass Ersatz statt findet. Versuche an hungernden Thieren ergaben eine bedeutende Verminderung des Bluts. Chossat fand, dass dieses 75, das Fett 93, die Milz 71, das Pancreas 64, die Leber 52, das Herz 44, die Muskeln 42, der Magen 39, der Schlund 33, die Haut 33, die Nieren 31, die Athmungsorgane 22, die Knochen 16, die Augen 10, das Nervengewebe aber nur 1 Procent verlieren, da letzteres wahrscheinlich auf Kosten anderer organischer Gewebe in seiner Integrität sich zu erhalten strebt. Der Hungernde ist sonach ein Fleischesser, der von seinen eigenen Gewebselementen zehrt. Da bei Säugthieren der Tod eintritt, nachdem sie $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{5}$ ihres Körpergewichts aufgezehrt haben, so würde ein erwachsener Mensch von 130 Pfunden nach einem Verlust von 46—52 Pfunden Hungers sterben. Die Gewichtsverluste hungernder Thiere sind täglich zu $\frac{1}{25}$ des Körpergewichts beobachtet worden; unter derselben Bedingung müsste deshalb beim Menschen der Tod nach 9—10 Tagen eintreten. Indess kann man bei Scheintod, Hysterie, Manie und anderen Nervenkrankheiten viel länger fasten. Sloane erzählt von einem Mann, der, nachdem er in einer Kohlengrube verschüttet gewesen und diese Zeit nichts anderes als etwas faules Wasser genossen hatte, nach 23 Tagen lebendig gefunden und gerettet wurde. Ueberhaupt trägt der Genuss von Wasser beim Fasten zur Verlängerung des Lebens bei. Einige Tage vor dem Tod

tritt Ekel vor aller Nahrung und Unvermögen zu verdauen ein. Nach dem Tod findet man Magen und Eingeweide geschrumpft, faltig und sehr dünne, die Gallenblase sehr ausgedehnt und gefüllt. Da die Einführung frischen Nährstoffs die verbrauchten Gewebstoffe austreiben hilft, so tödtet der Hunger theilweise durch Zurückhaltung und Zersetzung dieser Stoffe, welche ein putrides Fieber hervorrufen; auch tritt nach dem Tode schnell Fäulniss ein. — Die ungenügende Ernährung kann dies in quantitativem oder qualitativem Sinn sein; im ersteren Falle führt sie zu Erscheinungen, die denen des Hungers völlig gleich sind, nur einen viel langsameren Verlauf nehmen, während die qualitativ ungenügende Nahrung meist ebenso schnell zum Hungertod führt, wie vollständiges Hungern, nur unter geringerer Abnahme des Gesamtgewichts.

Die Entziehung von Wasser zieht gleichfalls den Tod nach sich; die Erscheinungen werden bald die des Gesammthungers, da man bald auch nichts Festes mehr aufnimmt, wie umgekehrt das Thier, dem man feste Nahrung entzieht, bald auch den Genuss von Wasser verweigert.

Der Hunger ist das Gefühl des Bedürfnisses nach fester Nahrung und in den geringeren Graden nicht unangenehm, ein gewisses nicht näher zu beschreibendes Gefühl im Epigastrium neben vermehrter Speichelabsonderung; bei höherer Steigerung wird er schmerzhaft, es entstehen drückende, nagende, bohrende Empfindungen in der Magengegend, die sich im Verlauf bis zum Unerträglichen steigern, zuletzt aber von den pathologischen Symptomen des geschwächten Gesamtorganismus übertäubt werden. Durch ihn spricht sich das Bedürfniss nach Zufuhrerneuerung aus, das von Kindern und Reconvalescenten viel häufiger gefühlt wird, als von gesunden erwachsenen Personen, bei denen es je nach der Gewöhnung täglich zwei- bis dreimal wiederkehrt. Anstrengung und Kälte wirkt steigernd, Wärme ermässigend. Das Empfinden dieses Bedürfnisses, welches so zu sagen als Wächter unserer Leiblichkeit dient, ist eine Richtung jenes instinktartigen Gefühls der Selbsterhaltung, dessen wahrer Sitz so gut wie das Empfinden der Nothwendigkeit des Athmens in dem Centralnervensystem zu suchen sein wird. Leere des Magens ist nicht die Ursache des Hungers, denn sonst müsste er morgens am stärksten gefühlt werden, wie es denn auch einen krankhaften Hunger bei vollem Magen gibt. Manche Narren empfinden gar kein Nahrungsbedürfniss und müssen zum Essen gezwungen werden. Auch lässt sich der Hunger durch Tabak, durch Narkotica, durch aufregende Affekte, Freude u. s. w. beschwichtigen.

Der Durst drückt, analog dem Hunger der festen Nahrung gegenüber, den Bedarf von flüssiger aus. Aeussere Wärme, welche die Haut- und Lungenausdünstung begünstigt, hydropische Transudationen, Harnruhr und bedeutende Blutverluste steigern ihn, ebenso eingeführte Salze, vielleicht weil sie zu ihrer Lösung gewisser Wassermengen bedürfen. Er wird gestillt durch Trinken oder durch Eindringen von Wasser ver-

mittelst der Haut, durch Injektion in die Venen, gemildert durch Kälte; auf kurze Zeit wirkt auch Befeuchtung der Rachenschleimhaut palliativ. Nichtbefriedigung kann ungemein peinlich werden, und Schiffbrüchige leiden durch ihn mehr als durch Hunger. Man hat den Sitz des Durstes in die Nerven verlegt, welche den Gaumen und die Rachenschleimhaut versorgen (Vagus, Glossopharyngeus, Trigemini); doch ist die Trockenheit dieser Theile nur ein sekundärer, von der allgemeinen Wasserarmuth abgeleiteter Zustand, der uns hier, wo der vorüberziehende Luftstrom die Vertrocknung noch mehr begünstigt, durch diese Nerven zum Bewusstsein kommt, während das instinktartige Fühlen desselben wahrscheinlich seine Quelle in dem Nervencentren hat.

Das Gefühl der Uebersättigung und des Ekels steht den ebengedachten Empfindungen gegenüber und ist nach E. H. Webers Anschauung ein Muskelgemeingefühl, nämlich die Folge der Perception unordentlicher und anomaler Contraktionszustände der Muskulatur hauptsächlich des Pharynx und des Gaumens. Andere wollen den Sitz dieses Gefühls im Nervus vagus erkennen, weil Thiere, welche man denselben beiderseits durchschnitten, ohne Unterlass fortfressen. Die höheren Grade sind Vorläufer des Brechens. Veranlassungen dazu sind das Zuviel im Essen und Trinken, widerliche Geschmacks-, Geruchs- und Gesichtseindrücke oder auch nur die Erinnerung daran, mechanische Reize (Kitzeln) des Rachens, manche Gemüthsaffekte, z. B. Angst, Sehnsucht, Krankheiten der Verdauungsorgane und des Gehirns.

B. Mechanische Verdauungsvorgänge.

Die Nahrungsmittel, welche in den Dauungskanal übergehen sollen, werden mit den Lippen oder den Zähnen gefasst, und es finden, je nachdem dieselben flüssig oder fest sind, Modificationen statt. Der Säugling, der die Brustwarze der Mutter fasst, erzeugt im Innern der Mundhöhle einen luftleeren Raum, und der Druck der Atmosphäre auf die Brustdrüse treibt ihm die Milch in den Mund, wobei die Zunge nach Art eines Saugstempels wirkt (Saugen) und das Gaumensegel die Mundhöhe gegen den Luftweg in einer Weise absperrt, dass der Athmungsprocess ungehindert bis zu dem Moment fortmachen kann, in welchem das Schlingen beginnt. — Ein ähnlicher Mechanismus wirkt beim Trinken; der Luftdruck treibt die Flüssigkeit zwischen dem Gefäss und der eingetauchten Oberlippe in die luftleer gemachte Mundhöhle. Will man aus einem Bach trinken, so muss man die ganze zugespitzte Mundöffnung eintauchen. — Wird mit der Flüssigkeit zugleich Luft eingeführt, so hört man ein gurgelndes Geräusch (Schlürfen), und da hier der luftleere Raum in der Mundhöhle fehlt, so muss die Einführung durch den Druck des Inspirationsstroms geschehen. Letzterer kann nur vor sich gehen, wenn Verbindung der Mundhöhle mit dem Athmungsweg offen bleibt, wesshalb denn beim Schlürfen gelegentlich Flüssigkeit in den Kehlkopf gelangt und zu Husten und Sticken-

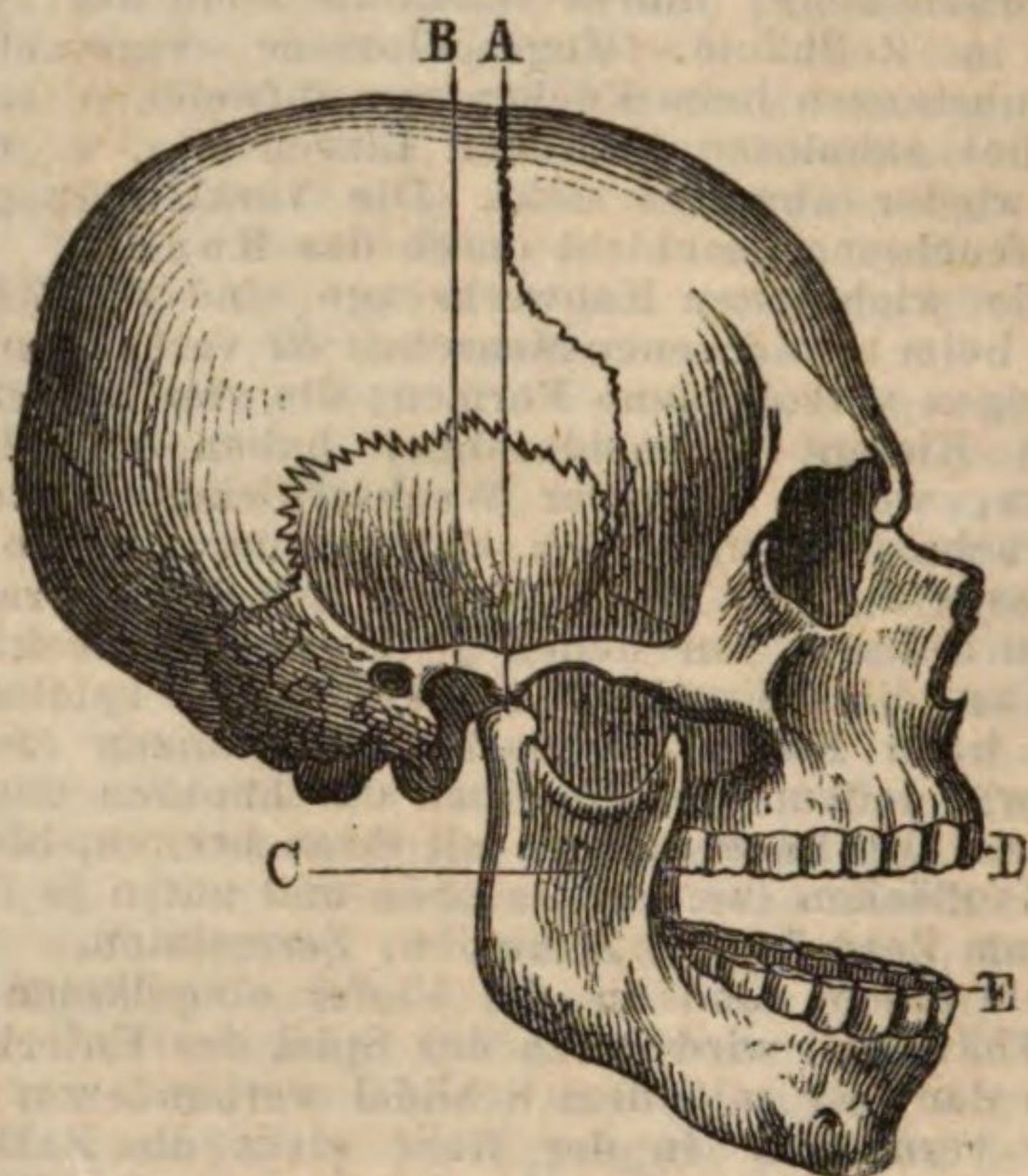
fällen Anlass gibt. — Die festen Stoffe bedürfen, um sich in den Verdauungssäften mit der für die Verdauung erforderlichen Geschwindigkeit zu lösen, einer mechanischen Verkleinerung und Durchfeuchtung, die vegetabilischen ausserdem noch der Zerstörung der den Nährstoff umgebenden unlöslichen Umhüllungen. Allerdings wirkt hier bei civilisirten Völkern die Küche, als Vorbereitung; indess reicht sie nicht aus, indem viele in Zellhäute eingeschlossene vegetabilische Nährsubstanzen beim Kochen nur aufweichen, so dass man bei zahnlosen Personen Linsen u. s. w. unverdaut wieder abgehen sieht. Die Verkleinerung und Durchfeuchtung geschieht durch das Kauen.

Die wichtigsten Kauwerkzeuge sind die Zähne, deren beim erwachsenen Menschen 32 vorhanden sind. Sie zeigen verschiedene Formen; die vier vorderen in beiden Kiefern (Schneidezähne) haben meiselartige Kronen, welche in ihrer Wechselwirkung scheerenartig schneiden und sich daher vorzugsweise zum Abbeissen eignen. Die Eckzähne mit ihrer pyramidalischen Spitze, von denen je einer sich rechts und links an die Schneidezähne anschliesst, spielen eine Rolle beim Kauen elastischer Substanzen (Sehnen, Bänder), indem sie dieselben durchbohren und zerreißen. Die Backenzähne mit ihren breiten, höckerigen Kauflächen (beiderseits oben und unten je 5) dienen zum Zerdrücken, Zerreiben, Zermalmen.

Die Zähne sind in die Kiefer eingelassen, und ihre Thätigkeit wird durch das Spiel des Unterkiefers gegen den fest mit dem Schädel verbundenen Oberkiefer vermittelt. In der Ruhe steht die Zahnreihe des ersteren hinter dem des letzteren, eine Einrichtung, wodurch eine unnöthige, schädigende Reibung der harten Massen vermieden, zugleich aber für die Bewegung im Unterkiefergelenk nur ein beschränktes Oeffnungsmass bedingt wird. Dieses Gelenk besitzt an der Unterseite des Schläfebeines hinter dem Gelenkhöcker des Jochfortsatzes eine geräumige Gelenkhöhle, in welche der kleinere und durch seinen Bau nicht bloss zur senkrechten, sondern auch zur vor- und rückwärtsgehenden Bewegung, desgleichen zum Ausweichen nach den Seiten geeignete Gelenkkopf des Unterkiefers eingreift. Man kann sich bei jeder Kaubewegung durch das Gefühl überzeugen, dass der Mittelpunkt der Bewegung nicht in dem mit einer ziemlich losen Kapsel versehenen Gelenk selbst liegt, sondern dass der Gelenkkopf aus seiner Pfanne herab und unter den Höcker des Jochfortsatzes tritt (siehe Fig. 1) und mit diesem dort durch einen biconcaven Zwischenknorpel artikulirt. Der Bewegungsmittelpunkt aber liegt in einer idealen Achse, die man sich durch die beiderseitigen hinteren Unterkieferlöcher (C) gezogen denken mag. Dort nämlich geben beim Niederziehen des Unterkiefers die starren Ligamenta sphenomaxillaria, die beiderseits am Keilbeinstachel entspringen und sich an der Leiste unter dem hintern Unterkieferloch festsetzen, einen Halt, um welchen sich die Unterkiefergelenksköpfe in einem kleinen Bogen bewegen, während das Kinn einen entsprechend viel stärkeren zu beschreiben hat.

und damit der Mund sich weit mehr zu öffnen befähigt wird, als wenn der Bewegungsmittelpunkt sich in der ursprünglichen Gelenkspfanne befände, von der aus obendrein die Zahnmeisel nicht gegen einander operiren könnten.

Fig. 1.



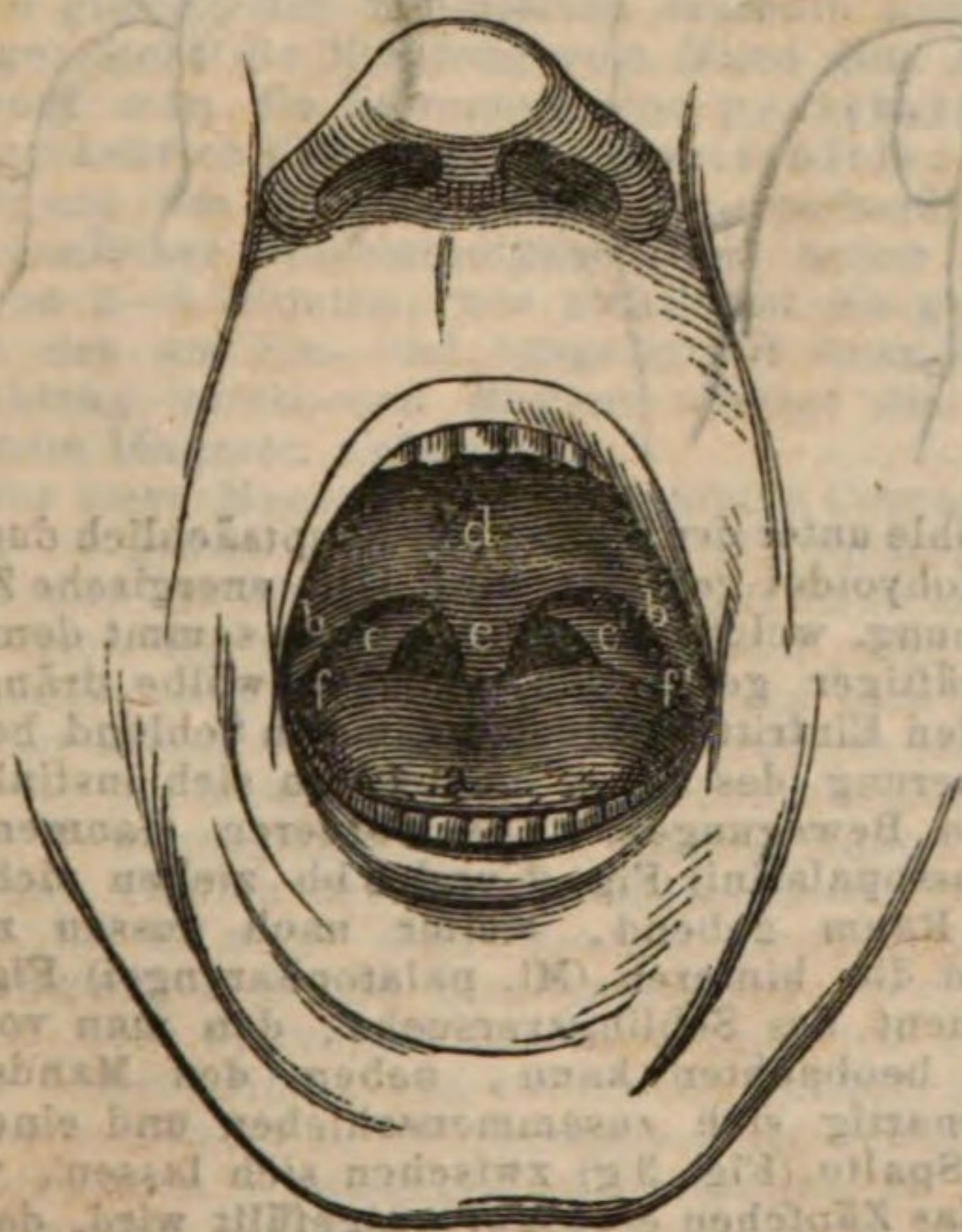
Das Spiel des Unterkiefers gegen den Oberkiefer constituirt die Kaubewegungen. Bei der Oeffnung des Mundes (Senkung des Kiefers) wird der Unterkiefer gegen das Zungenbein hingezogen, eine Bewegung, die von der Contraction des vorderen Bauchs des Digastricus, des Geniohyoideus und des Mylohyoideus herrührt, während der Omohyoideus, der Sternohyoideus, der Stylohyoideus und theilweise der hintere Bauch des Digastricus die Fixirung des Zungenbeins besorgen. Sofern der Pterygoideus externus den Gelenkskopf des Unterkiefers nebst dem Zwischenknorpel nach vorne zieht, wirkt er gleichfalls beim Mundöffnen mit. — Die Hebung des Unterkiefers und Anpressung gegen den oberen fordert, da es noch obendrein beim Kauen zwischenliegende Hindernisse zu überwinden gibt, eine viel grössere Kraftanstrengung, welche durch die Schläfenmuskel, die Masseteren und die innern Flügelbeinmuskel vermittelt wird. — Der Zug von vorn nach hinten geschieht durch die hinteren Fasern des Temporalis und den Pterypoideus internus, während die gleichzeitige Contraction der beiden äussern Flügelbeinmuskel den Unterkiefer nach vorn schiebt. — Die Seitwärtsbewegung, durch welche in abwechselndem Wirken das Zermahlen der Speisen ausgeführt wird, geschieht hauptsächlich durch den äussern Flügelbeinmuskel der Seite, von welcher die Bewegung ihren schiebenden Anstoss erhält, während der entgegengesetzte sich unthätig

verhält. Die Mitwirkung der innern Flügelbeinmuskeln ist nur gering anzuschlagen. — Die Kaubewegungen wirken nebenbei durch Druck auf die betreffenden Drüsen zu Entleerung der Mundflüssigkeiten, welche die Speisen zu durchdringen bestimmt sind.

Um die Kaubewegungen wirksam zu machen, fällt eine wichtige Rolle der Zunge zu, welche das Material, das sie in den verschiedenen Theilen der durch die Lippen und die Backenmuskeln zum Verschluss gebrachten Mundhöhle aufsucht, zwischen die Zähne bringt. Die weicheren Substanzen zerdrückt sie selbst, und schliesslich sammelt sie die von den Mundflüssigkeiten durchdrungenen Speisetheile, um sie auf ihrem Rücken zu einem Bissen zu formen. Wegen der gefährlichen Stellung zwischen dem Mahlapparat ist sie reichlich mit Tastnerven versehen, die vom Zungenast des Trigeminus stammen. Die Bewegungsnerven sind Zweige des N. hypoglossus. Die verschiedene Faserichtung in den Zungenmuskeln gestaltet eine äusserst vielseitige Beweglichkeit dieses Organs.

Ist unter Kauen und Einspeicheln durch die Zungenbewegungen ein breiiger Bissen gebildet, so beginnt der Akt des Schlingens, eine sehr complicirte Bewegung, deren einzelne Tempi (wir wollen sie zu drei annehmen) mit grosser Schnelligkeit auf einander folgen. Das erste Tempo steht noch unter dem Einfluss des Willens: der Bissen liegt auf dem Zungenrücken; der Mund schliesst sich, und nun legt die Zunge unter Verdickung und Verkürzung sich all-

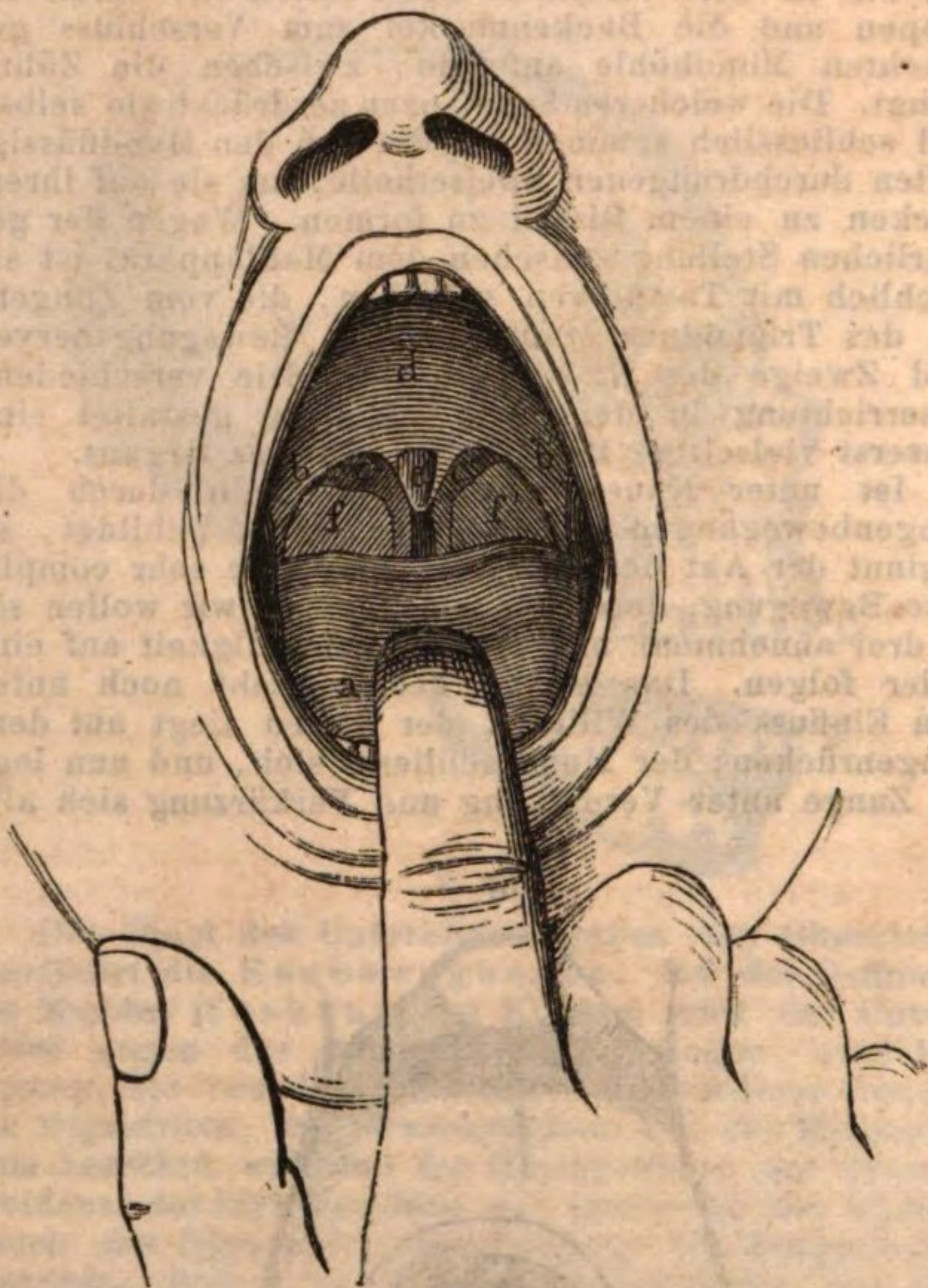
Fig. 2.



mählig von vorne nach hinten an das Gaumengewölbe an, in dieser Weise den Bissen rückwärts gegen den

Eingang des Schlundes drängend, über dem das Gaumensegel durch den *M. tensor palati s. circumflexus* sanft abschüssig angespannt ist. Im zweiten Tempo tritt der Bissen in den Schlundkopf ein. Es beginnt nämlich plötzlich auf dem fleischigen Boden der

Fig. 3.



Mundhöhle unter der Zunge, der hauptsächlich durch die *Mi. mylohyoidei* gebildet wird, eine energische Zusammenziehung, welche die Zungenbasis sammt dem Kehlkopf kräftiger gegen das Gaumengewölbe drängt und damit den Eintritt des Bissens in den Schlund bewirkt. Zu Sicherung des Wegs combiniren sich instinkartig folgende Bewegungen. Die vorderen Gaumenbogen (*Mi. glossopalatini*) Fig. 2 und 3 bb ziehen sich, dem Bissen Raum gebend, weiter nach aussen zurück, während die hinteren (*Mi. palatopharyngei*) Fig. 2 cc im Moment des Schlingsversuchs, den man vor dem Spiegel beobachten kann, neben den Mandeln (ff) coulissenartig sich zusammenschieben und eine dreieckige Spalte (Fig. 3 g) zwischen sich lassen, welche durch das Zäpfchen e so gut ausgefüllt wird, dass der Bissen gegen die obere Portion des Pharynx und die Choanen hin eine gut abgesperrte Wand findet. Die Hebung und Andrückung der Zungenwurzel gegen das

Gaumengewölbe, welche durch die Levatoren des Zungenbeins und des Schildknorpels, die *Mi. digastrici* (vorderen Bauch), die *Mylohyoidei*, *Stylohyoidei* und *Thyriohyoidei* geschieht, veranlasst nicht nur einen Verschluss gegen die Mundhöhle hin, sondern bewirkt auch ein Niederdrücken des Kehldeckels, so dass die Stimmritze, die zugleich durch Contraction ihrer Verengerer geschlossen wird, gegen den Eintritt von Speisetheilen Schutz findet. Da mit der Zungenwurzel und dem Kehlkopf auch der Pharynx gehoben wurde, so ist nun dieser bereit, das dritte Tempo des Schlingens in der Aufnahme des Bissens zu vollziehen, dem kein anderer Fortbewegungsweg mehr offen steht. Der untere Constrictor pharyngis übergibt ihn der stark muskulösen Speiseröhre, welche ihn gegen den Magen abwärts führt.

Diese Weiterleitung geschieht vermittelt allmählig auf einander folgender Zusammenziehung von Muskelbändern in einer Weise, dass ein hinterer Bündel erst wieder erschlafft, wenn der nächstfolgende sich bereits zum vollen Verschluss des Rohrs zusammengezogen und den Bissen weiter geschoben hat. Es agiren hierbei die Ring- und Längenfaser, von denen letztere über dem vorgeschobenen Bissen sich zurückziehen und ihn einem weiter nach vorn, respective unten gelegenen Ringbündel übergeben. So wird bewirkt, dass der Bissen nicht wieder rückwärts gehen kann, selbst wenn er durch das Gesetz der Schwere (bei Gauklern, die auf dem Kopf stehend essen und trinken) dazu Anlass fände. Diese Bewegungen schreiten von Stelle zu Stelle wellenartig, einem kriechenden Wurme gleich, fort und heissen deshalb auch wurmförmige; geht die Richtung vom Mund dem After zu, so nennt man die Bewegung eine peristaltische, im umgekehrten Fall eine antiperistaltische. Der Durchgang des Bissens durch die Speiseröhre geht mit ziemlicher Geschwindigkeit, das heisst in einer Zeit von 2—3 Minuten, vor sich; erst die geräumige Höhle des am Ein- und Ausgang mit einer Klappen- vorrichtung versehenen Magens nöthigt die Speisen zu einem längeren Aufenthalt.

Der leere Magen kehrt seine kleine Curvatur nach oben, die grosse nach unten, und die vordere Fläche klappt mit der hinteren zusammen; füllt er sich aber, so weichen die Wandungen auseinander, und das Organ macht nach dem Mass der Füllung eine Drehung um seine Achse, so dass die untere Curvatur mehr nach vorn, die obere nach hinten zu stehen kömmt. Ausser dieser Bewegung im Ganzen finden jedoch in den einzelnen Theilen des Magens unterschiedliche andere statt, die in mehr oder weniger ausgedehnten Verengerungen, örtlichen Einschnürungen, Wellenbewegungen oder Faltungen bestehen und den doppelten Zweck haben, einmal die im Innern befindlichen Massen durcheinander zu treiben und mit den den Magensaft aussondernden Wandungen in Berührung zu bringen, und dann den Speisebrei schubweise durch den Pförtner weiter zu befördern. Dass bei den Bewegungen der Magenverdauung von einer Zerreibung, wie sie bei dem stark muskulösen Magen körnerfressender

Vögel vorkömmt, keine Rede sein kann, geht aus dem alten Versuch Spallanzanis hervor, der die Nährstoffe in durchlöcherten Metallröhren einbrachte und sie gleichwohl verdaut werden sah. Während dieses Aktes bildet der Magenmund einen so guten Verschluss, dass bei mässigem Mageninhalt und normaler Verdauung keine Speisen wieder in die Höhe steigen.

Bei dem Erbrechen findet nach Beclard, Magendie und Budge keine antiperistaltische Bewegung der Magenwandungen statt. Der Pylorus zieht sich krampfhaft zusammen, und das Niedersteigen des Zwerchfells sowohl, als die Contraction der Bauchmuskeln bei in der Lunge zurückgehaltener Athemluft (Bauchpresse) bewirkt die Entleerung des Mageninhalt durch die Cardia, deren Ringfasern unter dem Einfluss der zusammengezogenen Längenasern erschlafft sind. Daraus folgt übrigens nicht, dass sich der Magen beim Brechakt ganz unthätig verhalte, sofern die Cardia eine Stellung gewonnen haben muss, um den Druck des Zwerchfells und der Bauchmuskeln wirksam zu machen, während zugleich die peristaltischen Zusammenziehungen der Magenmuskelfasern bei Verschluss des Pfortners und Pressung des ganzen Organs zu dem Zwang beitragen, welcher den Inhalt veranlasst, in der allein ihm offen stehenden Richtung zu entweichen. Beim Auswerfen spannt sich das Gaumensegel und trifft mit der Schlundhinterwand zusammen wie im zweiten Tempo des Schlingens, so dass nichts in die Nasengänge gelangen kann; doch wird bei sehr kräftiger Thätigkeit der Bauchmuskel und des Zwerchfells diese Schranke zuweilen überwunden und der Mageninhalt auch durch die Nasenlöcher entleert.

Das Aufschwulken beruht auf demselben Mechanismus, wie das Erbrechen, nur geschieht es ohne gewaltsame Anstrengung und bloss schubweise. Es kömmt häufig vor bei Ueberladung des Magens, und manche Personen können es durch die Bauchpresse willkürlich herbeiführen. Bei Volvulus und Bruch-einklemmung werden die Ingesta des Magens, die nicht nach unten entweichen können, häufiger durch Aufschwulken, als durch Erbrechen entleert.

Das Aufstossen ist ein durch Magencontraction und die Thätigkeit von Zwerchfell und Bauchmuskeln bewirktes Aufsteigen von Luft, die um ihrer Leichtigkeit und natürlichen Tendenz willen, sich nach oben zu wenden, ohne Anstrengung ausgetrieben werden kann. Der Ton, den man dabei hört, geht aus dem Vibriren des oberen Oesophagusendes hervor, das nach Art einer membranösen Schallzunge wirkt.

Der im Magen gebildete Speisenbrei geht schubweise in den Fünffingerdarm, wo er sich mit der Galle und dem Bauchspeichel mischt, und von da in den Leer- und Krummdarm über; dies geschieht in der Form der peristaltischen Bewegung, die sich, wie man an der geöffneten Bauchhöhle eines frischgeschlachteten Thiers sehen kann, über den ganzen Darmkanal hinzieht. Am lebenden Thier bemerkt man nichts von dieser ungeordneten allgemeinen Bewegung, die nicht gut zu der langsamen Thätigkeit der Verdauung und Absorption passen würde, da in diesem Fall die Contraction nur

an Stellen, wo der Darm gefüllt ist und auf den nicht zum Bewusstsein gelangenden Reiz seines Inhalts anspricht, streckenweise stattfindet. Sie ist nicht so vollständig, wie im Oesophagus, sofern die Zusammenziehung der Ringfasern nur unter dem Einfluss galvanischer Reize bis zur Berührung der Schleimhautfläche geht, sonst aber eben seichte Vertiefungen bewirkt, unter denen auch ein Zurückweichen des Speisebreis gegen den Magen hin möglich ist; da indess von dieser Seite her Nachschübe kommen, während gegen den After hin meist kein Hinderniss entgegen steht, so geht die Bewegung des Darminhalts meist ganz in die letztere Richtung. — Beim Uebergang des noch nicht verbrauchten Speisebreis in den Blinddarm wirkt die Faserung des letzteren in einer Weise, dass der Darminhalt nicht in den Krummdarm, von dem er nicht als Fortsetzung betrachtet werden kann, sofern derselbe unter einem rechten Winkel in ihn einmündet, sondern in das aufsteigende Colon eintritt. Ueberhaupt setzen die beiden Schleimhautfalten der Valvula Bauhini einem Rücktritt aus dem Blinddarm sowohl, als aus dem Colon ein äusserst wirksames Hinderniss entgegen. Im Dickdarm geschieht die peristaltische Bewegung sehr langsam, und die Fortbewegung des Inhalts wird noch obendrein durch die Colonausbuchtungen verzögert. Nachdem er sich hier durch Wasserverlust in Koth umgewandelt hat, geht er mit immer abnehmender Geschwindigkeit durch das S romanum in den nicht mehr eingeschnürten, senkrecht absteigenden cylindrischen Mastdarm über.

Die Kothentleerung, welche von der durch den ganzen Darmtractus gehenden peristaltischen Bewegung eingeleitet wird, vollzieht sich vornämlich unter dem Einfluss der Bauchpresse, deren Energie von der Consistenz des Fäces abhängt. Die Contraction der Bauchmuskeln neben Abwärtsdrängung des Zwerchfells durch die in den Lungen zurückgehaltene Luft treibt die Entleerungsstoffe in grösserer Menge nach unten, bis endlich nach Füllung des Mastdarms der Widerstand des äussern Sphinkters freiwillig aufgegeben, die Contraction des innern aber durch die kräftige Peristaltik des Mastdarms aufgehoben wird; der Levator ani verhindert das Herauspressen der Schleimhaut des Mastdarms und befördert durch Verkürzung des Rohrs in der Längsachse das Freiwerden der in ihm befindlichen Kothsäule. — Bei der Untersuchung des Lebenden findet man gewöhnlich den Mastdarm leer. Nélaton hat diesen Umstand einer verstärkten Ringfaserschicht am Eingang des Mastdarms zugeschrieben, die er als dritten Mastdarmsphinkter bezeichnete, doch ist diese Schichte keine ständige Erscheinung. Ueberhaupt reicht schon die Krümmung des S romanum zu, den Zudrang der Kothmassen in einer schnell überraschenden Weise abzuhalten. Dieser Darmtheil bildet nämlich bei der Fortbewegung der Fäces eine hindernde Knickung, die erst mit der stärkeren Füllung schwindet; das Darmstück erhält dann zugleich eine gestreckte Richtung, und mit dem Eintritt der Kothsäule in den Mastdarm beginnen die Reflexaktionen, welche die Entleerung

herbeiführen. Man kann im Nothfall den Stuhl drang willkürlich unterdrücken, indem man die Sphinkteren des Anus gegen die Contractionen der Mastdarmmuskulatur und der Bauchmuskeln ankämpfen lässt und durch Zusammenziehung der äusseren Afterschliessmuskeln die Fäces gewaltsam in die Höhe drängt; doch gewährt dies nur für kurze Zeit Ruhe, das Drängen wiederholt sich, bis die Widerstandskraft des Schliessmuskels überwunden ist, wozu eine unbedeutende Anstrengung, ein Hustenstoss vielleicht, einen beschleunigenden Anlass geben kann.

Bei Oeffnung der Bauchhöhle eines lebenden Thiers findet man, dass die Gedärme entweder durch Nährstoffe oder Luft ausgedehnt sind. Die letztere, mit den Nahrungsmitteln eingeführt oder ein Produkt des Verdauungsprocesses, verwandelt die Darmstücke, in welchen sie erhalten ist, in Luftpolster, welche neben den Bauchfellfalten dazu dienen, die Organe der Bauchhöhle bei den verschiedenen Bewegungen des Rumpfes in ihrer Lage zu erhalten, gleichviel, ob der Darmkanal mit Nährstoffen angefüllt sei, oder nicht. Diese Erfüllung mit Gasen übt ferner die Wirkung, einen Druck, der auf einen Theil des Bauches angewendet wird, gleichmässig auf alle anderen zu vertheilen, wesshalb denn auch die Contraktionen der Bauchwandungen, des Zwerchfells u. s. w. bei den Erscheinungen des Brechens und der Kothentleerung durch Fortpflanzung des Drucks schmerzlos auf die Organe wirken, die nicht von den genannten Muskeln berührt werden. Um ihrer Elasticität willen fühlen auch die Bauchorgane Erschütterungen des Gehens und Springens nicht, während zugleich ihre Spannung den Absorptionsprocess begünstigt. Desgleichen fördern sie die Fortbewegung der Nährstoffe im Darm, indem sie für den Eintritt derselben den Kanal offen halten. Ihr Ausstoss folgt dem nämlichen Mechanismus, wie die Entleerung der Faeces.

Es erübrigt noch, hier des Schleims Erwähnung zu thun, des Produkts kleiner traubenförmiger Drüsen, die sich in allen Schleimhäuten befinden. Er ist vielleicht das Produkt von aufgelösten Zellen und ein dem Eiweissstoff verwandter Körper, wird aber von den Verdauungssäften nicht angegriffen und dient, um seiner zähen, fadenziehenden Beschaffenheit willen, gut dazu, die Nahrungsstoffe schlüpfrig und zur Fortbewegung geeignet zu machen. Er zeigt gewöhnlich alkalische Reaction, kann aber auch leicht sauer werden.

C. Chemische Verdauungsvorgänge.

Die in den Verdauungskanal eingeführten Speisen sollen gelöst und in einer Weise aufgeschlossen werden, dass sie durch die Absorption in den Strom der Säfte übergehen können. Zu diesem Ende ist natürlich Löslichkeit nöthig, da sonst die Stoffe, wie z. B. die Cellulose, das elastische Gewebe, der Hornstoff, unangegriffen durch den Darmtractus wandern. Die Getränke, darunter vornämlich das Wasser, sind selbst Lösemittel, und die unorganischen Nahrungsbestandtheile werden meist unverändert absorbirt; der Chemismus der Ver-

dauung ist also namentlich auf die Kohlenhydrate, die eiweissartigen Stoffe und die Fette berechnet. Die chemischen Actionen werden durch gewisse Säfte eingeleitet, die der Organismus den Nahrungsmitteln beimischt, und beginnen theilweise schon in der Mundhöhle, beschränken sich jedoch nicht auf die Stelle, wo die gedachten Säfte ausgeschieden werden, sofern diese den Nährstoff, welchem sie beigemischt sind, auf seiner Wanderung durch den Darm begleiten und bis zur vollen Erfüllung ihrer Aufgabe thätig sind.

Die Mundflüssigkeit

ist das erste chemische Agens, das schon während des Kauens mit den Nährstoffen in Berührung kömmt und ihnen beigemischt wird. Sie besteht aus einer Mischung von Mundschleim, welcher den zahlreichen Backen-, Lippen-, Zungen- und Gaumendrüschen entstammt, und des Secrets der drei Speicheldrüsenpaare, hält stets die Mundhöhle angefeuchtet und fliesst in grösserer Menge zu, wenn der Reiz von vielleicht auch nur eingebildeten Nahrungsmitteln oder scharfen Stoffen (Gewürzen, Tabak) einwirkt; dasselbe wird bewirkt durch örtliche mechanische Reizung der Schleimhaut, durch die Kaubewegungen, welche einen Druck auf die Speicheldrüsen üben, und durch manche krankhafte Zustände (Quecksilbergebrauch). Die Ohrspeicheldrüsen secerniren reichlicher, doch nur während des Kauens (beim Trinken wenig) und liefern ein dünneres wässerigeres Produkt; der Secret der Unterkiefer- und Unterzungendrüschen ist klebrig und fadenziehend, der Menge nach spärlicher aber nicht bloss auf die Kauzeit beschränkt.

Die Mundflüssigkeit ist eine klare oder leicht opalisirende, klebrige, geruchlose Flüssigkeit von alkalischer Reaction, die sich bei dem stärkeren Zufluss während des Essens steigert, weil da vorzugsweise die stets ein alkalisches Produkt liefernden Speicheldrüsen ihr Secret liefern; wenn man die Mundflüssigkeit gelegentlich morgens bei nüchternem Zustand sauer findet, so hat man dies den Ausscheidungen der Schleimdrüsen zuzuschreiben.

Die Mundflüssigkeit enthält viel Wasser und liefert, wenn man zuvor durch Filtriren den Schleim und die abgestossenen Epithelzellen entfernt hat, nach dem Abdampfen einen festen Rückstand von ungefähr $\frac{1}{2}\%$, der zum grösstentheil aus Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaurem Natrum, Kalk und Talk, schwefelsaurem Natrum, Eisenoxyd und einer kleinen Menge von Rhodankalium (Schwefelcyankalium) besteht. Das letztere gibt sich durch die rothe Färbung zu erkennen, welche entsteht, wenn man der Speichelprobe einige Tropfen einer Solution von salzsaurem Eisen beimengt. Obgleich dieser Stoff in grösseren Dosen giftig wirkt, ist er doch in seinem vorhandenen Mengenverhältniss (0,06 bis 0,1 Proc. des festen Rückstands) ganz unschädlich. Auch Harnstoff soll sich nach Pettenkofer im normalen Speichel befinden; der wichtigste Bestandtheil aber ist ein nicht rein darstellbarer im Wasser löslicher, stickstoffhaltiger

Extractivstoff, das Ptyalin (Berzelius), ein Fermentkörper, der nach Art des im keimenden Getreide sich erzeugenden Diastas die Eigenschaft besitzt, Stärkemehl in Dextrin und Krümelzucker umzuwandeln.

Man kann diesen Umwandlungsprocess auch ausser dem Körper vornehmen; er geht alsbald von statten, wenn man Speichel auf Stärkekleister einwirken lässt, wie man aus Anwendung des Polarisationsapparats oder einer der verschiedenen Zuckerproben (von Trommer, Staedeler, Fehling) erkennt; ungekochte Stärke dagegen bedarf einer Wärme von 30 Graden, wenn im Lauf von $\frac{1}{2}$ bis einer Stunde die Zuckerbildung gehörig in Gang kommen soll. Man ersieht daraus, dass die Umsetzung der Stärkemehlsubstanzen in Zucker in der Mundhöhle erst einen Anfang nehmen kann. Der Speichel verliert durch kurzes Kochen, durch Beimischung von Alkohol, von schwachen Säuren (ein Beweis, dass nicht in der Alkalinität die Wirkung liegt) seine diastatische Kraft nicht, beschränkt übrigens seine Aktion rein auf Stärkemehlsubstanzen, indem er Fett und die Eiweissstoffe ganz unbeeinflusst lässt.

Der Speichel zu Versuchen kann durch Reizung der Mundschleimhaut gewonnen werden; bei Thieren verschafft man sich ihn durch Anlegung von Speichelfisteln, wobei man Gelegenheit erhält, die Secreta der verschiedenen Speicheldrüsen gesondert zu untersuchen. Die Ohrspeicheldrüse entleert ihren Inhalt hauptsächlich beim Bearbeiten trockener Substanzen und zwar in einer Menge, dass sie in einer Stunde vielleicht das acht bis zehnfache ihres Gewichts an Speichel liefert. Der Speichel der Unterzungendrüse fliesst erst während des Schlingens reicher, und die Unterkieferdrüse spricht vornämlich auf scharfe Stoffe, Essig u. s. w., an.

Man hat Thieren sämtliche Speicheldrüsen ausgeschnitten, ohne dass ihre Verdauung beeinträchtigt wurde. Die Ernährung kann also auch ohne den Mundspeichel fortbestehen. Statt seiner müssen dann die Secreta der Saugspeicheldrüse und der Darmsaft funktioniren. Man weiss ferner, dass viele andere in der Zersetzung begriffene Stickstoffsubstanzen (Leim, Gehirnmasse), obschon in viel schwächerem Maas, diastatische Wirkung üben.

Die geformten Elemente des Speichels bestehen aus freien kernhaften platten Epithelzellen (wahrscheinlich in Folge von Abschuppung), der Detritusmasse von solchen Zellen und den sogenannten Schleim- oder Speichelkörperchen, welche wenigstens in Betreff ihres Aussehens von den Lymph- oder weissen Blutkörperchen nicht verschieden sind. Man kann die Speichelkörperchen dem Boden der Mundhöhle durch Saugen oder Drücken zu tausenden entlocken. Ihre Entstehung und Bedeutung sind nicht erforscht.

Magenverdauung.

In dem Magen angelangt, erfahren die stärkmehlhaltigen Nährstoffe fortwährend die diastatische Einwirkung des miteingetretenen Speichels; zu dem alka-

lischen Gemenge tritt nun aber neben dem Sekret der, durch den ganzen Darm zerstreuten vollständig mit Cylinderepithel ausgekleideten Schleimdrüsen der sauer reagirende Magensaft, welcher demselben durch die Magenbewegungen aufs innigste beigemischt wird.

Der Magensaft wird erst durch den Reiz der eingetretenen Substanzen, welche nicht eben verdau-lich zu sein brauchen (Steine z. B.), hervorgerufen,

Fig. 4.

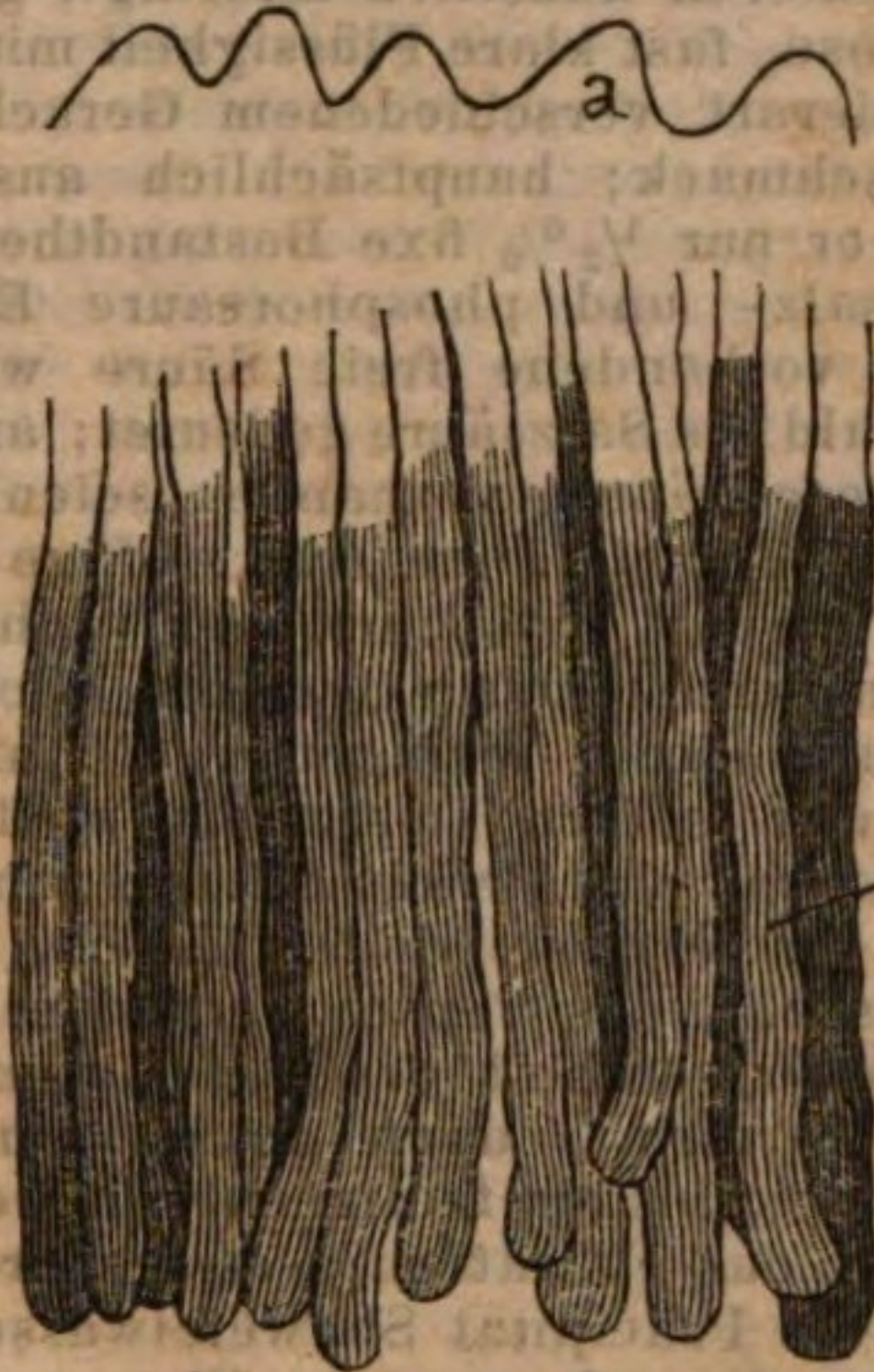


Fig. 5.



wobei die blasse Schleimhaut sich röthet. Um ihn zu gewinnen, hat man an Schnüre befindliche Schwämme verschlucken lassen und, nachdem sie durchtränkt waren, durch den Schlund wieder ausgezogen. Er ist das Sekret der Labdrüsen, welche, mit Ausnahme des Pylorustheils über die ganze Magenschleimhaut sich verbreiten. Sie sind theils einfach, $\frac{1}{2}$ bis 1''' lang und liegen dann oft dicht bei einander (siehe Fig. 4, der Vertikalschnitt der menschlichen Magenschleimhaut, a Papillen der Oberfläche, b Labdrüsen), oder aus mehreren Schläuchen, welche in einen gemeinsamen Ausführungsgang zusammenlaufen (Fig. 5, Labdrüsen vom Hund). Wo diese Drüsen sitzen, bemerkt man die sogenannten

Magengrübchen, deren Umwallungen der Schleimhaut ein feingegittertes Aussehen verleihen. Die Labzellen haben nur an ihrem Ende Cylinderepithel (Fig. 5 aa); sonst sind sie mit kernhaltigen, etwa $\frac{1}{150}$ grossen Zellen ausgefüllt, die häufig aus den Drüsen herausfallen und sich massenweise in dem Speisebrei finden. Unter den Drüsen breitet sich eine Schichte organischer Muskelfasern aus, welche wahrscheinlich durch ihre Zusammenziehung die Drüsen entleeren.

Man kann den Magensaft auch aus Magen fisteln, die man an Thieren künstlich anbringt, gewinnen. Er ist eine farblose, fast klare Flüssigkeit mit schwachem, nach der Thierart verschiedenem Geruch und leicht salzigem Geschmack; hauptsächlich aus Wasser bestehend, hat er nur $\frac{1}{2}\%$ fixe Bestandtheile, darunter vornämlich Salz- und phosphorsaure Erde und Alkalien. Die vorhandene freie Säure wird bald als Milchsäure, bald als Salzsäure gedeutet; andere wollen, dass beide diese Säuren vorhanden seien. Der reichlichste Bestandtheil ist eine stickstoffige Fermentsubstanz, das Pepsin, das eine sehr wichtige Rolle in den Verdauungserscheinungen spielt, leicht löslich im Wasser ist und durch Weingeist, Tannin und essigsaures Blei aus seinen Lösungen niedergeschlagen wird; das alkoholische Präcipitat ist, zum Unterschied vom Eiweiss, im Wasser wieder löslich. Wasman hat es zuerst versucht, das Pepsin gesondert darzustellen, indem er den Drüsentheil des Schweinsmagens einige Stunden in warmem, dann in kaltem destillirtem Wasser digerirte, bis ein fauliger Geruch eintrat; dann behandelte er das Filtrat mit essigsaurem Bleioxyd und setzte dem Präcipitat Schwefelwasserstoffgas zu, worauf das Pepsin aufs neue im Wasser gelöst, durch Weingeist niedergeschlagen, gesammelt und getrocknet wurde; es ist dann eine gelbe gummiartige Substanz, im feuchten Zustand weiss und enthält etwas freie Säure. Das so gewonnene Pepsin übt die Eigenthümlichkeit des Magensaftes, wenn man einer säuerlichen Flüssigkeit (das Vorhandensein freier Säure ist beim künstlichen Versuch so gut nöthig wie bei der Magenverdauung) auch nur $\frac{1}{50}$ Proc. beimischt. Das reine Pepsin findet sich im Magensaft kaum zu $\frac{1}{10}$ — $\frac{2}{10}$ Proc. Wärme bringt die Lösungen nicht zum Gerinnen, doch verlieren sie ihre Wirksamkeit, wenn man sie einer Temperatur von 55—60° R. aussetzt.

Der Magensaft besitzt die Eigenschaft, die eiweissartigen Stoffe aufzulösen und sie in eine gleichmässige, für die Absorption geeignete Substanz umzuwandeln. Dieses geschieht einfach durch catalytische Thätigkeit, denn wenn man mit Hilfe des Magensaftes künstliche Digestionen vornimmt, so findet man in den Flüssigkeiten die volle Menge des angewendeten Pepsins wieder, das sonach mit den gebildeten Körpern keine Verbindung eingegangen hat. Die künstlichen Digestionen, die schon Spallanzani benützte, werden bei einer gleichmässigen Temperatur von 30° vorgenommen. Man kann ohne Schädigung des Experiments statt der Milch- oder Salzsäure auch Salpeter-, Schwefel- und Phosphorsäure anwenden und den Lösungsvorgang durch öfteres Schütteln des Ge-

fässes wesentlich beschleunigen (Wichtigkeit der Magenbewegungen).

Wenn man Faserstoff, Kleber, flüssiges oder geronnenes Eiweiss unter den geeigneten Bedingungen der Digestion unterwirft, so ist nach Ablauf einiger Stunden jede dieser Substanzen aufgelöst und in allen diesen Fällen in ein analoges Product umgewandelt, welches in der Wärme oder beim Zutritt von Säure nicht mehr gerinnt. Das gleiche Endresultat liefert der Käsestoff, obschon derselbe anfangs in Folge der vorhandenen Säure gerinnt. Der Leim bildet mit der Digestionsflüssigkeit eine klare braune Flüssigkeit, die in der Kälte nicht mehr zur Sulz erstarrt.

Lehmann nennt die aus den eiweissartigen Substanzen hervorgegangenen Verdauungsprodukte Peptone, und unterscheidet sie nach ihrer Abstammung; doch wenn sie durch Absorption ins Blut übergehen, so werden sie, wahrscheinlich durch die alkalische Beschaffenheit des letztern, alsbald in Eiweiss umgewandelt, sofern man im Blut die Peptone nur noch in dieser Form findet.

Die Kohlenhydrate und die Fette bleiben vom Magen fast unangetastet; doch trägt seine freie Säure dazu bei, die im Wasser wenig oder gar nicht löslichen Salze, phosphorsaure Magnesia, Kalksalze und Eisensalze, löslich zu machen.

Die Dauer der Magenverdauung ist nach den Nährsubstanzen verschieden. Flüssigkeiten, welche der Verarbeitung durch den Magensaft nicht bedürfen, machen am schnellsten ihren Durchgang; nach ihnen kommen diejenigen Substanzen, zu welchen der Magensaft in keiner umsetzenden Beziehung steht, die Kohlenhydrate, Gummiarten, Fett. Am längsten verweilen diejenigen Stoffe, welche zu ihrer Löslichwerdung des Magensaftes bedürfen. Man hat bei Hunden und bei Personen, welche mit Magen- oder Dünndarmfisteln in der Nähe des Magens behaftet waren, directe Beobachtungen über die Dauer angestellt. Fibrin braucht zur Verdauung $\frac{1}{2}$, Käsestoff, der immer vorher im Magen gerinnt, $1\frac{1}{2}$, Kleber 2, geronnenes Eiweiss 6, sehniges Gewebe 10 Stunden. Beaumont beobachtete an einem Kanadier, dass durchschnittlich Fleisch vom Fisch in $2\frac{1}{2}$, von zahmem Geflügel in 3, von wildem Geflügel in $3\frac{1}{2}$, vom Ochsen, Hammel oder Schwein in 4 Stunden verdaut wurde. — Ausser der Verschiedenheit der Nährsubstanz ist natürlich die Menge derselben auf die Zeit der Verdauung von Einfluss, auch kommt dabei das Nervensystem, Bewegung oder Ruhe, Schlaf oder Wachen in Betracht. Leute von sitzender Lebensweise verdauen langsamer, während mässige Bewegung, wacher Zustand begünstigend wirken. Bei starker Bewegung und im Schlafe ist die Verdauung träger. Wenn wir ferner in Betracht ziehen, dass bei vielen Nährstoffen die Verdauung im Magen nicht vollendet wird, sondern daselbst nur ihren Anfang nimmt, so ersieht man, dass ihr Verweilen im Magen keinen Maasstab für die leichtere Verdaulichkeit, worunter man in der Regel relativ auch die grössere Nährkraft versteht, abgibt. Physiologisch erscheinen nur jene Substanzen als schwerverdaulich, bei

denen die Lösung in den Darmsäften durch absolute Unverdaulichkeit (alte Pflanzencellulose, elatisches Gewebe), durch unverdauliche Hüllen, durch die Beimischung unverdaulicher Theile oder durch die grosse Festigkeit des Gewebes (sehr fest geronnenes Eiweiss oder Käsestoff, Sehnen, Knorpel) erschwert oder gar unmöglich gemacht wird.

Da der Magen selbst aus eiweissartigen Substanzen besteht, so mag man sich wohl fragen, warum er nicht von seinem Saft einen zerstörenden Einfluss erleide; er findet jedoch einen genügenden Schutz in dem Schleimgewebe des Epithels, das vom Magensaft nicht angegriffen wird. Wo sich das Epithel abgelöst hat, findet Verdauung (Erweichung) der Magenwand bei Lebenden sowohl als in der Leiche statt.

Das Product der Magenverdauung, der Chymus oder Speisenbrei ist ein Gemenge von bereits verdauten, halbverdauten und unverdauten Speisetheilen, Speichel, Schleim, Magensaft, Epithel- und Labzellen und zeigt saure Reaction. Der schubweise vor sich gehende Austritt des Speisenbreis durch den Pylorus leitet die

Dünndarmverdauung

ein. Da Speichel und Magensaft Bestandtheile des Speisenbreis sind, so setzen sie auch im Dünndarm ihre diastatische Wirkung fort. Doch ergiessen sich nun noch drei verschiedene alkalische Flüssigkeiten in den Dauungskanal, welche bei der Verdauungsthätigkeit eine Rolle spielen und zunächst die freie Säure des Chymus binden.

1. Die Galle, deren Bildung in der Leber wir an einer anderen Stelle betrachten werden, ist bei Fleischfressern eine gelblichbraune, bei Pflanzenfressern eine grünliche alkalische Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch, bitterem Geschmack und dicklicher klebriger Consistenz, die bei längerem Verweilen in der Gallenblase zunimmt. Ihre specifischen Bestandtheile beim Menschen sind: a) die Natronsalze zweier gepaarten Säuren, sogenannter Gallensäuren, nämlich Glykocholsäure (Cholsäure) und Taurocholsäure (Choleinsäure), erstere aus dem stickstoffhaltigen Glycin und der stickstofflosen Cholalsäure, letztere aus dem stickstoff- und schwefelhaltigen Taurin und ebenfalls Cholalsäure bestehend; b) durch die gallensauren Salze gelöstes Cholestearin; c) zwei Farbstoffe, das Biliphäin, auch Cholepyrrhin oder Bilifulvin genannt (gelb) und das grüne Biliverdin; d) geringe Mengen von Fetten und Seifen; e) unorganische Salze (Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Phosphorsäure, Chlor), f) Schleim und spärlich Epithelzellen aus den Gallengängen; g) gegen 90% Wasser.

Die von der Leber ausgeschiedene Galle fliesst durch den Ductus hepaticus in den Ductus choledochus, durch dessen Ausmündung er unter stetigem Austräufeln in die obere Partie des Fünffingerdarms gelangt,

durch ihre Eintrittsstelle schon anzeigend, dass sie keine bloss für den Ausstoss bestimmte Flüssigkeit ist, da sie sonst dem After näher gerückt wäre; ein Theil folgt aber nicht der abwärtsführenden Kanalleitung, sondern geht durch den Ductus cysticus aufwärts in die Gallenblase, aus der sie erst zur Zeit der Verdauung unter dem Druck des ausgedehnten Magens und der Thätigkeit der in der Gallenblase befindlichen organischen Muskelfasern sich in das Duodenum ergiesst.

Die neuesten Versuche haben der Galle in erster Linie die Rolle eines Nahrungstoffes von noch nicht näher erforschter Bedeutung zugewiesen. Thiere, welchen sämtliche Galle durch eine Gallenfistel ausfliesst und die man hindert, das ausgeflossene aufzu lecken, können zwar am Leben bleiben, nehmen aber eine beträchtlich grössere Nahrungsmenge zu sich und gehen bald unter Entkräftung und grosser Abmagerung zu Grund, wenn sie dieses Mehr nicht erhalten können. Nach dem Tode ist das Fett und das Muskelgewebe am meisten geschwunden. In den Excrementen findet man hauptsächlich den Gallenfarbstoff und nur wenig von den gallensauren Natriumverbindungen, welche daher hauptsächlich den ins Blut zurückkehrenden Gallenbestandtheil bilden, obschon sie daselbst rasche Veränderungen nicht erforschter Natur erleiden müssen, da sie durch die gewöhnlichen Methoden sich im Blut nicht mehr nachweisen lassen.

Für den Verdauungsakt scheint die Galle einerseits in so fern zu wirken, dass sie durch ihren Natriumgehalt die Contraction der Muskelfasern in den Darmzotten anregt und somit die Absorption begünstigt; auch soll sich diese reizende Wirkung in Anregung zu stärkerer Sekretion des Darmsafts und in Spornung der peristaltischen Darmbewegung kundgeben, wie denn übermässiger Gallenerguss Durchfall, unterdrückter häufig Stuhlträgheit bewirkt. Ferner ist die Galle für die Fette, die dem Chymus in Tropfen beigemischt sind, von Bedeutung, indem sie mit diesen zwar keine leichter lösliche chemische Verbindung eingeht, wohl aber absorptionsfähige Emulsionen bildet. Obschon diese Eigenschaft dem Bauchspeichel in noch viel höherem Grade zukömmt, so enthalten doch nach Brodie die bei fettreicher Nahrung durch ihren weissen, fettigen Inhalt sich auszeichnenden Chylusgefässe nach Unterbindung des Gallengangs eine blasse, fettarme Flüssigkeit. Die Versuche von Bidder und Schmidt bestätigen den auffallend geringen Fettgehalt im Chylus von mit Gallenfisteln versehenen Thieren, deren Fäces mehr als die Hälfte der eingenommenen Fettnahrung nachweisen lassen. Damit steht im Einklang die Fettarmuth solcher Thiere während des Lebens und nach ihrem Tode.

Auf die plastischen Nährstoffe ist die Galle ohne Wirkung, und Zusatz grösserer Gallenmengen hindert sogar die Einwirkung des Magensaftes auf Eiweissstoffe im Reagenzglas. Ebenso wenig trägt sie zur Verdauung der Kohlenhydrate bei. Die Fäces von Thieren mit Gallenfisteln enthalten keine unverdauten Stärkmehlmassen.

2. Der Bauchspeichel,

ein Sekret des Pancreas, das sich mittelst des Wirsungschen Ganges gemeinschaftlich mit der Galle des Ductus choledochus in das Duodenum ergiesst, ist bei der Verdauung eine farblose, fadenziehende, stark alkalisch reagirende Flüssigkeit, die in der Hitze und im Weingeist wie Eiweiss gerinnt, sich aber von diesem dadurch unterscheidet, dass der Niederschlag gleich dem Salivin und Pepsin im Wasser löslich ist (Pancreatin). Der Gehalt von festen Stoffen schwankt zwischen $1\frac{1}{2}$ bis 10 und noch mehr Procenten, wobei die höhere Ziffer der schwachen, die niedrigere der starken Secretion entspricht. Die Secretion macht nämlich stetig fort, geht aber in den Zwischenräumen zwischen der Verdauung spärlich von statten. Ausser den organischen Stoffen, unter welchen auch Zellenfragmente auftreten, da alle diese Säfte wahrscheinlich aus dem Zerfall von Zellen hervorgehen, findet man phosphorsaure, kohlen-saure, schwefelsaure Alkalien und Erden. Der Bauchspeichel verdirbt schnell und lässt sich nur bei einer niederen Temperatur ($4-8^{\circ}$ R.) einige Tage aufbewahren. Wenn man ihn nur kurze Zeit mit einer Wärme in Berührung bringt, welche die thierische um ein kleines übersteigt, so verliert er seine Eigenschaften.

Man gewinnt den Bauchspeichel durch Anlegung von Pancreasfisteln, die übrigens ein grosses Geschick fordert und häufig misslingt. Man hat in jüngster Zeit auch sehr erfolgreich mit künstlichem Bauchspeichel, das heisst mit dem wässerigen Auszug der Drüsensubstanz experimentirt, die einem in der Verdauung begriffenen Thier (Schwein) entnommen war. Die so gewonnene Flüssigkeit besitzt entschiedene Verdauungskraft.

Die mit dem Bauchspeichel angestellten künstlichen Digestionen ergeben: a) dass er gequollene Stärke noch kräftiger als der Mundspeichel in Dextrin und Zucker umwandelt; b) dass er, wenn er angesäuert ist, auf geronnene Eiweisskörper und Leim nach Art des Magensaftes wirkt, und c) dass er neutrale flüssige Fette, mit welchen man ihn schüttelt, in eine feine Emulsion verwandelt, zum Theil auch in ihre Bestandtheile zerlegt und verseift.

Man ersieht hieraus, dass der Bauchspeichel nach allen Richtungen hin eine Verdauungsflüssigkeit ist und sich auch als solche geltend machen wird, da mit dem Chymus noch viele nicht umgesetzte stärke-mehlartige oder eiweissstoffige Bestandtheile in den Dünndarm eintreten. Als seine wichtigste Function sieht man das Vermögen an, das Fett absorbirbar zu machen; da jedoch diese Befähigung auch der Galle zukömmt, so hat es nicht an Autoren gefehlt, welche die Beiträge bald der einen, bald der andern Flüssigkeit für überflüssig erklärten. Wenn man indess auch das Pancreas exstirpiren oder durch Injection von Oel in den Ausführungsgang die mit all ihren Säften alkalische Drüse zur Verseifung, respective zur Verödung bringen kann (Bernard), ohne dass der Uebergang von

Fett in die Lymphgefässe aufhört, so findet man doch, dass die Versuchsthiere sehr schnell abmagern und dass die Fette grossentheils mit den Fäces entleert werden, letzteres ein Symptom (*Diarrhoea adiposa*), aus welchen Bright gewisse Pancreaskrankheiten erkennen will.

3. Der Darmsaft

scheidet sich vom Pylorus an bis zum After aus und ist ein Produkt der zu Myriaden in der Darmschleimhaut vorkommenden Lieberkühnschen Drüsen (einfacher röhrtiger Drüsen) und der beerigen Brunnerschen Drüsen, die sich nur im obern Drittel des Duodenum befinden und einen dem Bauchspeichel ähnlichen Saft bereiten. Es ist schwer, den Darmsaft rein zu erhalten, weil er in gewöhnlichem Darminhalt mit Chymus, Galle und Bauchspeichel gemischt auftritt, in das Secret geleerter und unterbundener Darmschlingen aber sich Entzündungsprodukte mischen. Bidder und Schmidt suchten sich den Darmsaft durch Anlegung von Darmfisteln zu verschaffen, nachdem sie zuvor Gallen- und Bauchspeichelgänge unterbunden hatten, erhielten aber auf diesem Wege so wenig Material, dass keine Analyse möglich war. Die aus unterbundenen Darmschlingen gewonnene Flüssigkeit ist klar, durchscheinend und von alkalischer Reaction. Alkohol und die meisten Metallsalze bewirken einen reichlichen Niederschlag.

Die für die Verdauung wichtigen Eigenschaften des Darmsaftes, welche auf das Vorhandensein eines oder mehrerer Fermente schliessen lassen, kommen mit denen des Bauchspeichels überein; seine Wirkung auf geronnene Eiweisskörper ist sehr bedeutend, sein Vermögen aber, Fette zu emulgiren, schwächer als beim Bauchspeichel.

Werfen wir nun einen Blick auf die Gesamthätigkeit dieser verschiedenen Flüssigkeiten. Der Speisebrei gelangt im Lauf einiger Stunden schubweise aus dem Magen in den Dünndarm und hat bereits einige flüssige Bestandtheile, z. B. Wasser, ungeronnenes Eiweiss, Peptone und gebildeten Zucker durch die Magenabsorption verloren; er enthält jetzt gelöste und noch nicht absorbirte eiweissartige Stoffe, noch nicht absorbirten Zucker, unveränderte Stärkmehlkörner, Fette, geringe Mengen von Milch-, bisweilen auch von Essigsäure und endlich die der Verdauung widerstrebenden Körper. Im Magen war der Speisebrei graulich, im Dünndarm wird er durch die Galle gelb gefärbt; weiter nach unten erhält er eine grünliche, später eine immer dunklere Farbe. — Trotz der alkalischen Reaction von Galle, Bauchspeichel und Darmsaft behauptet doch die Säure des mit dem Chymus eingetretenen Magensafts durch die grössere Partie des Dünndarms das Uebergewicht. Erst gegen das Ende des letzteren beginnt die alkalische Reaction. — Die Säure im Dünndarm rührt indess nicht allein von der des Magensafts her, da auf Kosten des Zuckers Milch- und Essigsäure gebildet wird, und zwar viel reichlicher, als im Magen, eine Stufe der späteren

Metamorphose des ins Blut übergehenden Zuckers vorbildend. — Unter den Produkten der Dünndarmverdauung trifft man bisweilen Buttersäure, und es ist wahrscheinlich, dass sie, wie die vorhin genannten Säuren, aus dem Zucker entsteht, da gährender Zucker in Berührung mit stickstoffigen Substanzen unter Entbindung von Wasserstoffgas und Kohlensäure sich in Milch- und später in Buttersäure umsetzt. Frerichs fand die letztere Säure bei Hunden, obschon er sie nur mit Brod und Kartoffeln gefüttert hatte; doch mag sie auch bisweilen aus den Fettstoffen hervorgehen. — Der Zucker, den der Mensch genießt, ist in der Regel Rohrzucker, der Magensaft setzt ihn nur äusserst langsam in Krümelzucker um (Frerichs fand bei der künstlichen Digestion erst nach 36 Stunden Spuren des letzteren); aber wenn man ein Thier mit Rohrzucker füttert, so findet man schnell im Dünndarm grosse Mengen Krümelzucker, während im Magen nur wenig davon zu bemerken war. Also ist für diese Umwandlung der Dünndarm der geeignete Schauplatz. — Fassen wir nun alles zusammen, so besteht die Dünndarmverdauung unter Mitthätigkeit der weiter oben den Nährstoffen beigemischten Verdauungsflüssigkeiten in der Emulgirung fetter Stoffe, in der fortgesetzten Lösung plastischer Nährelemente, in der Umwandlung stärkehaltiger Substanzen zu Dextrin und Krümelzucker, in der Umsetzung des Rohrzuckers zu Krümelzucker, in der Bildung von Milch- und Essigsäure aus einem Theil des Krümelzuckers, und in der zufälligen Erzeugung von Buttersäure. Ob das den Kohlenhydraten nahestehende Gummi und Pektin durch die Dünndarmverdauung in Krümelzucker umgewandelt oder unverändert absorbiert wird, ist nicht bekannt; man weiss nur, dass Speichel und Magensaft keinen chemischen Umsatz bewirken.

Dickdarmverdauung.

Der Speisenbrei hat allmählig den grössten Theil seiner absorptionsfähigen Produkte abgegeben und seine Flüssigkeit vermindert. Letzteres geschieht im Lauf der Wanderung durch den Dickdarm mehr und mehr, bis der Darminhalt, wofern seine Consistenz durch pathologische Ursachen oder Arzneimittel nicht fester oder flüssiger geworden ist, in der Form eines weichen Teiges vor dem After anlangt. Aus der fortgehenden Verdichtung mag man schliessen, dass noch immer Verdauungsprodukte absorbiert werden, und man hat aus der Anwesenheit von Drüsen, die im Bau von den Lieberkühnschen nicht abweichen, gefolgert, dass auch hier noch Säfte abgesondert werden, welche dem Darmsaft des Dünndarms analog wirken und sowohl die Saccharification des Stärkmehls als die Lösung festerer eiweissartiger Gebilde fortsetzen; wir wissen jedoch in dieser Beziehung nichts, da hier den Darmsaft rein zu gewinnen sehr schwierig ist und jedenfalls die alkalische Reaktion des Speisenbreis im oberen Theil des Dickdarms einer Lösung plastischer Nährstoffe hindernd im Weg steht.

Im Blinddarm beginnt die nicht absorbirte Masse den eigenthümlichen Stercoralgeruch anzunehmen. Dieser rührt nach Valentin von der Galle her. Lässt man den Niederschlag, den die faulende Menschengalle absetzt eintrocknen, so erhält man einen braunen Körper, der namentlich beim Zusatz von etwas Wasser einen sehr starken Geruch nach Menschenkoth verbreitet. Die gleiche Wahrnehmung macht man an dem Blinddarmbrei. Der Versuch mit Rindsgalle gibt eine nach Kuhmist riechende Masse. Die Fäulniss der Eiweissstoffe kann zwar ebenfalls eine nach Koth riechende Verbindung erzeugen; doch findet dies unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht statt, während andere Erscheinungen geeignet sind, den Beweis zu Gunsten der Galle zu führen. Wenn bei Gelbsüchtigen keine Galle in den Darm fliesst, so riechen die grauweissen thonartigen Excremente durchdringend faulig, aber nicht wie der gewöhnliche Menschenkoth, und bei gleicher Nahrung haben doch die Darmentleerungen eines jeden Thiers ihren eigenen specifischen Geruch.

Man findet durch sämtliche Abschnitte des Darmkanals vom Pförtner ab, ja im Magen selbst, grössere oder geringere Mengen von Gasen. Sie stammen in erster Linie aus der mit den Speisen verschluckten atmosphärischen Luft, aus der jedoch der Sauerstoff so schnell absorbirt wird, dass schon im Dünndarm kaum noch Spuren davon aufgefunden werden, indem das übrige sich gegen Kohlensäure umgesetzt hat (Darmrespiration). Die übrigen Gase sind als Umsatzprodukte der Nahrungsmittel zu betrachten. Im Dünndarm nehmen Kohlensäure und Wasserstoff zu, während das Stickstoffgasverhältniss sich nicht erheblich ändert. Unter Umständen findet man auch schon Kohlenwasserstoffgas, das im Dickdarm immer mehr zunimmt. In der letztern Darmpartie entwickeln sich auch kleine Mengen von Schwefelwasserstoffgas, das von der Desoxydation schwefelsaurer Salze oder aus den Eiweisskörpern der Nährstoffe herrühren kann.

Die Faeces selbst sind bei Milchkost (den Kindern) gelb, bei Fleischkost dunkler und zeigen meist in Folge der Milchsäurebildung, die im untern Theil des Dickdarms wieder stärker auftritt, eine saure, häufig aber auch eine neutrale oder alkalische Reaction. Sie bestehen aus Nahrungsresten, Muskelfasern, Stärkmehl, Pflanzenzellen und cellulosen Gebilden, Fett, Zersetzungsprodukten der Galle (Dyslysin, Cholidinsäure, Cholalsäure) und Salzen, darunter namentlich phosphorsaure Magnesia. Citronen-, Wein- und Aepfelsäure, desgleichen gebrannte, milchsaure und benzoësaure Magnesia erscheinen in den Faeces als kohlen-saure Salze. Aus dem Abgang nicht verdauter löslicher Stoffe ersieht man, dass man die Ernährungsquote nicht gerade nach den Aufgaben für die chemischen Lebensprocesse berechnen darf, sondern etwas höher greifen muss, sofern der Absorptionsapparat nicht danach eingerichtet ist, die Ingesta vollständig zu erschöpfen.

Die Zeit des Durchgangs der Speisen durch den Darmkanal ist nach den Stoffen verschieden. Laxir-
salze können schon nach vier Stunden entleert werden.
Ferrum carbonicum wurde nach zwölf Stunden, die
eigenthümliche Färbung nach dem Genuss von Blut-
wurst nach zwölf, die von Spinat, Heidelbeeren nach
18 Stunden bemerkt. Trauben- und Kirschenkerne sah
man nach drei bis vier Tagen abgehen.

Man findet durch kühnliche Abschnitte des
Darmkanals vom Pfortner ab, in dem Magen selbst,
größere oder geringere Mengen von Wasser, die stam-
men in einer Flüssigkeit aus der mit dem Speise ver-
schluckten atmosphärischen Luft, aus der jedoch der
Sauerstoff so schnell absorbiert wird, dass schon im
Mundraum kaum noch Spuren davon aufgefunden wer-
den, indem das übrige sich gegen Kohlensäure umge-
setzt hat (Darmrespiration). Die übrigen Gase sind
als Umsetzungsprodukte der Nahrungsmittel zu betrachten.
Im Dünndarm nehmen Kohlensäure und Wasserstoff
zu, während das Stickstoffgas verschwindet und nicht er-
hebtlich ändert. Unter Umständen findet man noch
schon Kohlenwasserstoffe, das im Dickdarm finden
mehr zunimmt. In der letzten Darmpartie entwickeln
sich auch kleine Mengen von Schwefelwasserstoff-
gas, das von der Desoxydation schwefelhaltiger Salze
oder aus den Eiweißkörpern der Nahrungstoffe hervorgehen
kann.

Die Fäces selbst sind bei Miltchkost (den Kin-
dern) gelb, bei Fleischkost dunkler und zeigen meist
in Folge der Milchsäurebildung, die im untern Theile
des Dickdarms wieder stärker auftritt, eine saure,
hängt aber auch eine neutrale oder alkalische Reac-
tion. Sie bestehen aus Nahrungsrückständen, Muskelfaser-
Stückchen, Epithelienzellen und zerfallenen Geleiden.
Fett, Zerfallsprodukten der Galle (Biliverdin, Cho-
loidsäure, Cholesterin und Bilean, darunter nament-
lich phosphorsäure Magnesia, Citronen-, Wein- und
Apfelsäure, desgleichen nur geringe Mengen, welche als
benzoösäure Salze erscheinen in dem Fäces als
kohlensaure Salze. Aus dem Abgang nicht verdauter
löslicher Stoffe ergibt man, dass auch die Nahrungsmittel
nicht ganz nach den Angaben für die chemi-
schen Labordarstellung benutzbar sind, sondern etwas
höher greifen muss, sofern der Absorptionapparat
nicht danach eingerichtet ist, die löslichen Bestandtheile
zu erschöpfen.

Kolo. Physiologie.

Zweites Kapitel.

A b s o r p t i o n .

Wir verstehen darunter die Aufnahme flüssiger oder flüssig gewordener Substanzen, auch gasartiger Flüssigkeiten, in den Kreislauf. Feste Substanzen, wie fein sie auch zertheilt sein mögen, sind nicht absorptionsfähig. Zwar bemerkt man, wenn man Thiere feines Kohlenpulver verschlucken lässt, bisweilen unter dem Mikroskop im Blut der Intestinalvenen freie Kohlenfragmente; doch ihre verhältnissmässige Grösse widerstreitet der Annahme, sie könnten durch die Membranen gegangen sein, an denen man selbst mit den besten Vergrösserungsinstrumenten keine entsprechende Poren entdeckt. Das Eindringen solcher Kohlentheile lässt sich nur aus einem splitterigen Durchbohren der Gewebe erklären, wie man zum Beispiel auch verschluckte Nadeln durch den Körper wandern und an der Haut zum Vorschein kommen sieht. Bei Kohlen von höchster Feinheit, dem Lampenruss zum Beispiel, wird ein solcher Uebergang nie bemerkt. Wo im Wasser unlösliche feste Substanzen wirklich auf dem Weg der Absorption aufgenommen wurden, müssen sie in den organischen Flüssigkeiten eine Umänderung erlitten haben, durch die sie löslich geworden sind. — Wofern die zur Aufnahme in den Kreislauf bestimmten Stoffe von aussen stammen, so reden wir von Absorption im engeren Sinn; sind sie physiologische oder pathologische Produkte des Organismus (Secretionsflüssigkeiten, Exsudate), die in den Säftestrom zurückkehren, so pflegt man, diesen Vorgang als Resorption zu bezeichnen. Die Absorption kann auf der äussern Haut, auf innern Flächen oder im Organewebe selbst stattfinden. Der Gasabsorption in den Lungen müssen wir, da sich an sie eine Reihe anderer Erscheinungen knüpft, einem besonderen Kapitel vorbehalten. Fassen wir zunächst die

Absorption des Darmkanals

ins Auge.

Die Nahrungsstoffe, die mit viel Wasser durch den Mund eingehen, erleiden im Darmkanal bestimm-

Veränderungen, verlieren auf ihrer Wanderung mehr und mehr an ihrem Gewicht und werden als kleiner Rückstand durch den After wieder ausgeschieden. Die Gewichts Differenz ist in dem Körper geblieben, um seiner Ernährung und den vitalen Prozessen zu dienen.

Die Schleimhaut des Nahrungsschlauchs besitzt das Absorptionsvermögen in hohem Grad, wie aus der schnellen Wirkung diffusibler Gifte auf der Zunge (Blausäure) oder der Wirkung von in den Mastdarm eingebrachten arzneilichen Klystieren hervorgeht. Bei den Speisen ist der Gang ein viel langsamerer; sie haben zu diesem Ende eine bestimmte Zeit im Darmkanal zu verweilen und sich in die uns bekannten Verdauungsprodukte umzusetzen, die nach ihrer speciellen Verschiedenheit wieder verschiedene Absorptionscoëfficienten zeigen. Halten wir uns zunächst an die Thatsache der Absorption und betrachten wir die verschiedenen Modi, in welchen sie geschehen mag, um danach die Nutzenanwendung auf die einzelnen Nährelemente zu machen.

Kömmt ein todttes Gewebe mit einer Flüssigkeit in Contact, so zeigt es eine Neigung, diese einzusaugen und sich mit ihr zu tränken. Diese Durchtränkung nennen wir Imbibition, und man bemerkt sie besonders deutlich bei gefärbten Flüssigkeiten, der Galle zum Beispiel, welche in den Leichen die Nachbargewebe auf ansehnliche Distanzen färbt. Da dies eine allgemeine physikalische Eigenschaft ist, so muss sie auch am lebenden Organismus sich geltend machen; indess sind die Höhlen, in welchen sich Flüssigkeiten befinden, dicht von feinen Kapillarnetzen umspinnen, in welchen die imbibirte Flüssigkeit ohne Unterlass sogleich von dem Blutstrom aufgegriffen und weiter geführt wird, so dass sich die Imbibition nur in nächster Umgebung geltend machen kann und somit zu einer Quelle der Absorption, respective des Eintritts in den Blutstrom wird. Für die Imbibition eignet sich vorzugsweise Wasser, ferner dünne Salze, Zucker- und Eiweisslösungen. Man weiss, dass diese Substanzen in grösserer oder geringerer Ausdehnung schon im Magen absorbirt werden, und den Umstand, welchen man früher durch eingebildete, vom Magen ausgehende Vasa brevia erklären wollte, dass getrunkenes Wasser nach sehr kurzen Fristen durch die Nieren wieder austreten kann, werden wir theilweise auf Rechnung der Imbibition schreiben müssen.

Eine zweite Art der Absorptionswirkung, zu der die vorige eigentlich nur vorbereitend sich verhält, geschieht auf dem Weg der Endosmose, jenes physikalischen Gesetzes, vermöge dessen zwei verschiedene, aber mit einander mischbare Flüssigkeiten auch durch häutige Scheidewände hindurch sich mit einander zu mischen streben und dabei einen Austausch vollbringen, welche zwei entgegengesetzte Strömungen veranlasst. Hiebei ist es grossentheils richtig, dass die dichtere Flüssigkeit den Strom der minder dichteren (Endosmose) mächtiger gegen sich hin erregt, als es umgekehrt (in der Exosmose) der Fall ist; doch erscheint nicht die Dichtigkeitsdifferenz als das Grund-

gesetz, sofern zum Beispiel das dichtere Wasser durch die Membran sehr stark gegen Weingeist endosmirt und dieser somit viel schneller wässerig wird, als das Wasser alkoholisch. Beclard sieht das die Endosmose bedingende Moment in dem Mehr der specifischen Wärme; Wasser, das die höchste specifische Wärme besitzt, muss sonach von allen Flüssigkeiten, mit denen es mischbar ist, auch durch Membranen hindurch angezogen werden und eignet sich folgerichtig zu einem Menstruum, um andere Flüssigkeiten endosmotischer zu machen. Aus diesem Umstand erklärt sich zunächst die rasche Absorption des Wassers im leeren Magen, deren schon bei der Imbibition gedacht ist; allein bei der Endosmose kommen auch die Qualitäten der Flüssigkeiten und ihre speciellen Strömungsstärken in Betracht, wobei nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass es sich in der Verdauungsabsorption um complicirte Flüssigkeitsgemenge handelt. — Die wässerigen Getränke, die wir bei Tisch zu uns nehmen, begünstigen dadurch, dass sie die durch die Verdauungssäfte gelöste Substanzen verdünnen, wesentlich die Absorption; auch ist ferner gewiss, dass der stetige Wasserverlust durch die Secretionen der Nieren, der Haut und der Lunge das Blut und die anderen Flüssigkeiten des Körpers verdichten und sonach in ein Verhältniss bringen, das der Absorption zu statten kömmt. Indess kann nicht, wie von Mulder und Frerichs geschah, mit Bestimmtheit behauptet werden, dass die Verdauungsflüssigkeit weniger dicht sei, als Blut und Lymphe und desshalb der endosmotische Strom nach den organischen Säften hingehen müsse, sofern der Dichtigkeitsgrad der ersteren von der Menge des eingenommenen Wassers abhängig ist; auch hat Becker bei Versuchen an Kaninchen gefunden, dass eingebrachte concentrirte Zuckerlösungen ebenso gut ins Blut übergingen, als schwache. Wir dürfen daher auf das Dichtigkeitsverhältniss kein allzugrosses Gewicht legen und thun daher besser, die exosmotischen Beziehungen der einzelnen Substanzen, welche aus den so verschiedenen Flüssigkeiten des Nahrungskanals und des Gefässsystems miteinander in Contact kommen, zu untersuchen. Die anziehende Wirkung der organischen Säfte beruht wahrscheinlich auf ihrem grösseren Eiweissgehalt, der in hohem Grade die Eigenschaft besitzt, gegen sich hin eine endosmotische Strömung zu erzeugen. Trennt man eine Eiweisslösung (Blutserum zum Beispiel) durch eine imbibitionsfähige Membran von der Lösung eines leichtlöslichen Salzes (Koch- oder Glaubersalzes), so bemerkt man, wofern die Salzlösung nicht zu hoch gegriffen ist, regelmässig, dass bedeutende Wasser- und Salzmengen, an die Eiweisslösung getreten, von letzterer aber nur Spuren an die Salzlösung übergegangen sind. Man wird annehmen dürfen, dass dieser abstrakte Vorgang neben den coexistirenden anderweitigen Strömungen der Verdauungsabsorption sich nicht anders verhalte, und haben daher eine weitere Quelle des Uebergangs von Salz und Wasser in die Feuchtigkeiten des Organismus gefunden. Ueberschreitet die Concentration der

Salzlösung ein gewisses Mass, so endosmosirt die Eiweisslösung stärker gegen die Salzlösung, und wir haben eine Erscheinung, aus der man sich abführende Wirkung grosser Salzmengen erklären kann. Gerade so wie das Salz verhält sich auch der Zucker zu einer Eiweisslösung; letztere hat stets eine geringere specifische Wärme, als eine Salz- oder Zuckerlösung von gleicher Dichtigkeit. — Das Gesetz der Endosmose erklärt uns somit den Uebergang von Wasser, Salzen und Zucker in die organischen Säfte. Er ist erfahrungsmässig an keine bestimmte Lokalität des Darmkanals geknüpft, sondern findet vom Anfang des Magens bis zum Ende des Mastdarms statt, natürlich nicht an allen Stellen gleich stark, weil nicht überall die gleichen physikalischen Bedingungen platzgreifen. Gemeiniglich wird am meisten Salz und Zucker im Dünndarm absorbirt, während ohne Zweifel das Wasser der Getränke schon vom Magen aus übergeht. — Schwieriger wird es, die Ueberführung der eiweissartigen Nährstoffe aus der Endosmose zu erklären, da die organischen Säfte an sich weit reicher an Eiweissstoffen sind, als der Speisebrei, und daher eher eine Endosmose gegen diesen hin stattfinden sollte. Diejenigen, welche für den Uebergang der eiweissartigen Substanzen die Endosmose in Anspruch nehmen, machen geltend, dass der Chymus dieselbe im Zustand der Peptone enthalte, und wirklich ist diesen ein mässiges endosmotisches Moment gegen Eiweisslösungen nicht abzusprechen. Allein man findet in der Säftemasse nie die in der Hitze nicht gerinnbaren Peptone, sondern nur das Serum (eine Eiweisslösung mit etwas Fibrin), und wenn die Peptone im Moment ihres Contacts mit letzterem katalytisch sich in Eiweiss umsetzen, so begreift man nicht, was aus diesem endosmotischen Moment gewonnen werden soll. Jedenfalls ist diese Frage noch so dunkel, dass man allen Grund hat, selbst im besten Fall sich noch nach einer anderen Uebergangsquelle umzusehen, um so mehr, da noch ein anderer wichtiger Nährkörper vorhanden ist, der unter keinen Umständen sich der Endosmosentheorie fügen will; doch müssen wir vorher aus dem Resultat unserer bisherigen Betrachtung die Nutzanwendung auf eine in der Bewegung befindliche Säftemasse machen. — Lässt man verschiedene Flüssigkeiten endosmotisch auf einander wirken, so steht die Geschwindigkeit der verschiedenen Strömungen zu Anfang des Versuchs auf seinem Höhenpunkt und wird in dem Mass flauer, in welchem wechselseitig die Differenzen sich ausgleichen, bis endlich das Gleichgewicht hergestellt ist. Hätte sonach die Ernährungsflüssigkeit den Umsatz bloss gegen diejenige zu besorgen, von welchen die Nachbargewebe durchdrungen sind, so müsste bald die endosmotische Thätigkeit sistiren, sofern die Nachschübe der Ernährungsflüssigkeit im wesentlichen gleichartiger Natur sind. Nun aber stehen bei der animalischen Absorption die Erscheinungen der Endosmose stets unter den Bedingungen eines beginnenden Experiments. Die Circulation schafft ohne Unterlass die flüssigen Produkte, welche durch Endosmose

in die Gefässe abgesetzt werden, weiter, und die Folge davon ist, dass das Blut, welches zum mittelbaren Contact gegen die zu absorbirende Flüssigkeit anströmt, stets in dem Zustand eintrifft, in welchem das gesättigt abziehende angelangt war. Am zugänglichsten ist das Blut der endosmotischen Action natürlich da, wo ihr das geringste Hinderniss, die dünnste Scheidewand in den Weg tritt, also zunächst in den Capillaren, die nur aus einfachen, häutigen Kanälchen mit eingesprengten Kernen bestehen und die Gewebe mit einem so engen, feinen Maschenwerk durchsetzen, dass von den Absorptionsstoffen kaum etwas an die dickwandigeren Gefässe gelangen kann. Von hier aus vermag natürlich das Aufgenommene nicht gegen den Strom zu schwimmen und in die Arterien einzugehen, sondern es folgt der ordnungsmässigen Richtung gegen die Venen hin, welche im Fall der Verdauungsabsorption einen gewissen Antheil der Verdauungsprodukte sammeln und sie in den Intestinalvenen der Pfortader, der Leber und der untern Hohlader zuführen. Bis zur Entdeckung der Chylusgefässe durch Aselli (1622) hat man diese Venen für den einzigen Weg gehalten, auf welchem das Blut sich aus der Aussenwelt erneuert.

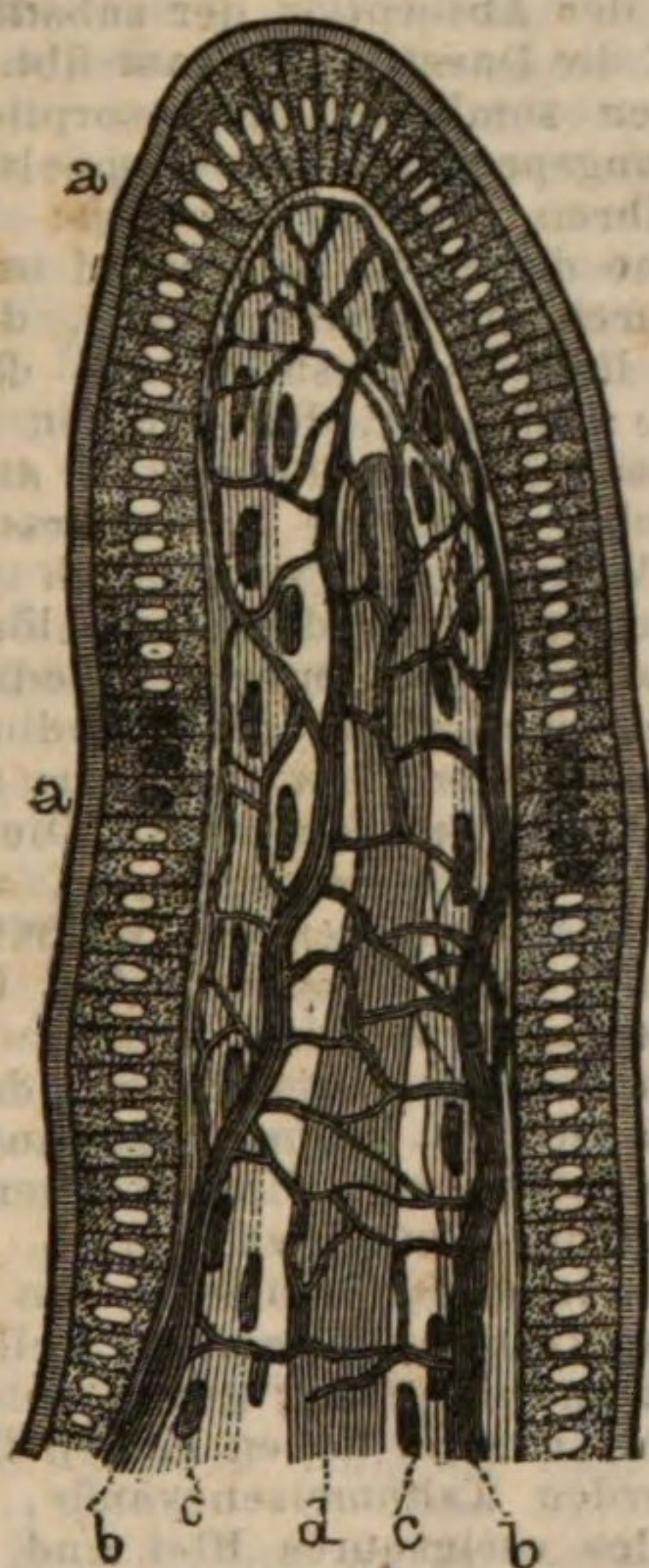
Wir haben bereits bemerkt, dass die Annahme einer reinen Endosmose für die Absorption der eiweissartigen Nährstoffe nicht recht passe; um so bestimmter ist sie bei einem anderen wichtigen Nahrungselement, den Fetten zu verwerfen, die, wie man weiss, nicht in dem löslichen Zustand der Verseifung, sondern in dem eines durch die Körperwärme flüssig erhaltenen emulsivisch fein zertheilten Fettes absorbirt werden. Wie lässt sich nun diese Absorption deuten? Die Endosmose wirkt allerdings nicht zwischen Oel und Flüssigkeiten, mit denen es sich nicht mischen, und auch im emulsivischen Zustand dringt es nicht endosmotisch durch eine Membran in ein Gefäss, das eine Eiweisslösung enthält; aber die Sache gestaltet sich anders, wenn Druck dazu kömmt. — Liebig hat gezeigt, dass das Aequivalent von 90 Centimeter Druck erfordert wird, um Olivenöl durch eine Ochsenblase zu pressen; ein weit geringerer Druck muss also genügen, wenn man es statt der Blase mit ihren vier Häuten mit einer einfachen Schleimhaut zu thun hat. Bringt man Oel in einen gekrümmten Endosmometer, dessen aufsteigende Röhre zu 20—30 Centimetern mit Quecksilber gefüllt wird, so sinkt letzteres allmählig in dem Apparat, und der Inhalt des mit Oel gefüllten und mit einer trockenen Schleimhaut geschlossenen weiteren Schenkels dringt durch die Membran mit einer Geschwindigkeit, welche der eines Stroms von Wasser gegen Alkohol in einem gleich grossen Apparat entspricht. Die Emulsionen gehen noch leichter durch, und eine Emulsion von Mandelöl bedarf nur eines Druckes von 6—10 Centimeter Quecksilber, um durch ein Goldschlägerhäutchen (einen gespaltenen Schafsdarm) gepresst zu werden. Die feinste Emulsion liefert das Eigelb; mit zwei- oder dreimal so viel Wasser zerrieben bedarf die Transsudation nur eines Drucks von 6 Centimetern, noch weniger, wenn der Apparat bei

25—32° R. ins Marienbad gebracht wird. Da im Falle der Verdauungsabsorption nicht nur der sehr ansehnliche Druck der Darmgase, sondern auch der der Darmcontractionen ins Spiel kommt, so ist Beclard, dem wir in dieser Darlegung folgen, der Ansicht, es seien alle die erforderlichen Druckbedingungen und für die Fettabsorption noch obendrein die von Galle durchtränkte Membran vorhanden, welche die Aufsaugung begünstigen. — Der Druck der Darmgase ist allerdings nicht unbedeutend, sogar ansehnlich genug, um einen Physiologen, wenn ich nicht irre Remak, zu der Ansicht zu veranlassen, er sei die Ursache der Durchfeuchtung aller Gewebe, indem er Flüssigkeit in die unter einander verbundenen feinen Ausläufer der Bindegewebskörperchen, welche nach Henle keine Gewebselemente, sondern Lücken im Gewebe, Inter-cellularräume sind, dränge; und wenn dieser durch die Darmmuskel verstärkte Druck Verdauungsprodukte den Venen überantworten soll, so müssen wir zur Erklärung wohl die Endosmosentheorie zu Hilfe nehmen, sofern sonst eine Flüssigkeit nicht in eine andere durch eine Scheidewand von ihr getrennte hineingelangen könnte, die unter einem viel höhern Druck steht. Nun aber ist der Uebergang von eiweissstoffigen Substanzen in die Intestinalvenen sehr zweifelhaft und der von emulgirtem Fett so sehr durch den Sacherfund widersprochen, dass man neuerdings für diese Verdauungsprodukte das Mitwirken der Endosmose fallen liess und den Vorgang durch die bereits besprochene Druckfiltration, unterstützt mit einem Saugapparat (eine Annahme, die man mit der Endosmosentheorie vermeiden wollte) zu erklären versucht.

Wenn man die Bauchhöhle eines Hundes drei oder vier Stunden nach einer reichlichen Fütterung öffnet, so sieht man in dem Netz eine Menge weisser Schnüre verlaufen, die nichts anderes sind, als die von einer emulsivischen Flüssigkeit ausgedehnten Chylusgefässe, welche ihre erkennbaren Wurzeln in den Darmzotten haben. Diese Zotten sind keulenförmige Organe von $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{2}$ '' Länge, die im Dünndarm so dicht bei einander stehen, dass sie seiner innern Oberfläche ein sammtartiges Aussehen verleihen. Unter dem Microscop erkennt man, dass eine solche Zote aus einem centralen Lymphgefäss ohne wahrnehmbare Zufuhrkanäle (Fig. 6 d), einer Umbüllung desselben mit plattem Muskelgewebe (c c), das von einem Capillarnetz (b b) umspinnen wird, und einem Ueberzug von mit verdicktem Rand versehenen Cylinderepithel besteht. Da letzteres nur etwa $\frac{1}{100}$ '' Dicke hat, so ist keine bedeutende Pressung erforderlich, um sämtliche Nahrungssäfte einschliesslich der Fette und der Eiweissstoffe in Contact mit den Capillaren und dem Centralgefäss der Zote zu bringen. Nun aber sind nach Fick die Zotten erectionsfähig. Denken wir uns im Anfang die Zote leer und lassen nun den Blutstrom ihr vorzugsweise der Oberfläche nahe gelegenes Capillarsystem strotzend füllen, so wird die ganze Zote schwellen und das Capillarnetz bemüht sein, eine in Spannung befindliche Figur herzustellen. Dieses Blutgefässnetz unter der Oberfläche wirkt also gewisser-

massen als eine starre Wand, die sich entfaltet, wobei der von ihr umschlossene Binnenraum vergrössert und durch ihre relative Starrheit vor einem Theil des Drucks, der von der umgebenden Flüssigkeit herrührt,

Fig. 6.



geschützt wird. Dieser Vorgang muss offenbar eine saugende Wirkung nach dem Innern der Zote, das heisst nach ihrem centralen Chylusgefäss hin ausüben und den unter höherem Druck stehenden Darminhalt in das vor Druck geschützte Chylusgefäss hineinfltriren, wenn uns auch die Poren, durch welche dies geschieht, zur Zeit noch nicht zur Anschauung gebracht worden sind. Ist, was bei dem kleinen Rauminhalt des Chylusgefässes bald geschehen, die Druckdifferenz ausgeglichen, so hört der Strom auf; aber jetzt kann sich die Zote durch Zusammenziehung ihrer muskulösen Elemente plötzlich nach der centralen Seite des Chylusgefässes entleeren, wobei zugleich die Blutcapillaren zum Theil zusammengedrückt und ausgeleert werden. Lässt die Zusammenziehung der Faserzellen wieder nach, so erigirt sich die Zote unter dem Einfluss des andrängenden arteriellen Blutstroms von neuem und saugt eine neue Quantität Darminhalt an. Die Möglichkeit abwechselnder Erection und Auspressung der Zoten mittelst der darin verbreiteten

musculösen Elemente ist durch Versuche erwiesen. Oeffnet man den Dünndarm eines lebenden Thiers, und sind die Zoten tief roth gefärbt (erigirt), so sieht man sie auf elektrische Reize erblassen. Mit der Lupe bemerkt man dabei ganz deutlich eine Formveränderung, bestehend in einer bedeutenden Verkürzung und Verdickung. Für den elektrischen Reiz soll sich bei der Absorption der substituiren, welchen die Galle auf die Darmschleimhaut übt.

Wir haben somit für die Absorption der saturirteren Verdauungsprodukte eine doppelte Aktion, von denen jede ihren Inhalt vermittelt eines anderen Wegs, die eine durch die Leber und untere Hohlader, die andere durch die Chylusgefäße, den Ductus thoracicus, die linke Vena subclavia, die V. anonyma und die obere Hohlader, dem rechten Herzvorhof zuführt. Für jede dieser Bahnen ist auch der Inhalt nicht identisch, denn wir haben gesehen, dass das aufsaugende Venensystem vornämlich die Salz- und Zuckerlösungen, weniger die Eiweisslösungen und die Aufnahme von Fett nur unter der Bedingung vorheriger Verseifung begünstigt, die allerdings vorkommen mag, aber jedenfalls nicht zur Norm gehört und nur sehr kleine Partien treffen wird. Die Chylusgefäße dagegen agiren unter Bedingungen, welche sämtlichen Verdauungsprodukten den Eintritt aufschliessen und namentlich im Dünndarm den Uebergang des emulgirten Fettes vermitteln.

Nachdem wir die Absorption der wichtigsten Nährstoffe besprochen, erübrigt uns noch, einen Blick auf die Absorption arzneilicher oder giftiger Substanzen im Dauungskanal zu werfen. Man kann die Anwesenheit solcher Stoffe meist in den Venen, seltener in den Chylusgefäßen nachweisen, vielleicht weil letztere nicht oft und sorgfältig genug untersucht wurden. Tiedemann und Gmelin haben in den Darm von Hunden und Pferden Kaliumeisencyanür, schwefelsaures Kali, neutrales essigsaures Blei und schwefelsaures Eisen eingeführt und diese Substanzen mit Leichtigkeit in den Intestinalästen der Pfortader wieder aufgefunden. Westrumb, Panizza und Kramer, welche diese Versuche wiederholten, fanden Jodkalium und Kaliumeisencyanür im Ductus thoracicus. Magendie und Ségalas zogen eine Darmschlinge aus der Bauchhöhle, unterbanden ihre Vene und Arterie, wobei sie einen Knäuel lymphatischer Gefäße unberührt liessen, und injicirten eine Strychninlösung in die Schlinge. Nach einer Stunde waren noch keine Vergiftungserscheinungen eingetreten; nach Entfernung der Ligaturen aber machten sich diese schon nach 6 Minuten geltend. Chatin fand gereichten Arsenik und Brechweinstein bei Hunden im Blut, nicht aber im Ductus thoracicus. Die Absorption scheint also bei den Venen viel leichter oder doch viel schneller von statten zu gehen. Ueberhaupt gelangen Metallsalze mit grosser Leichtigkeit durch die Venen ins Blut, ebenso gelöste Farbstoffe, Indigo, Cochenill u. s. w., während man letztere in den Chylusgefäßen nur bemerkt, wenn sie sehr massenhaft in den Darm eingeführt wurden. Riechstoffe, Schuss, Campher, Alkohol theilen dem Chylus keinen

merklichen, wohl aber dem Blut der Darmvenen einen gut unterscheidbaren Geruch mit.

Die Geschwindigkeit der Absorption ist eine sehr geringe, und es wird stets eine ziemlich geraume Zeit erfordert, um eine gewisse Menge Flüssigkeit ins Blut zu bringen. Daraus erklärt sich, warum ein Theil der Nährsubstanzen durch den After wieder ausgeschieden wird, ohne aller seiner absorptionsfähigen Bestandtheile beraubt zu sein. Diese Langsamkeit entspricht aber auch einer wesentlichen Ernährungsbedingung. Die so ins Blut eingeführten Verdauungsprodukte können die normale Blutbeschaffenheit nur innerhalb bestimmter Grenzen abändern. Da sie zu ihrem Uebergang mehrere Stunden brauchen, so ist ihre Absorption noch nicht beendet, wenn ihre ersten Partien bereits die Ernährungsmetamorphosen eingegangen haben; das Blut enthält also diese Produkte in einem gegebenen Moment nur in einem gewissen Verhältniss, das sich in einem sehr engen Rahmen bewegt und die Gleichmässigkeit der Blutbeschaffenheit sichert. Bringt man die Verdauungsprodukte durch Injection massenhafter ins Blut, so bequemt sich letzteres dem Eingriff nur innerhalb gewisser Grenzen an, indem es den Ueberschuss durch die Secretionsorgane, namentlich die Nieren rasch wieder zum Ausstoss bringt. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit, dass die Nährstoffe in derselben langsamen Weise ins Blut übergeführt werden müssen, wie dies durch die Verdauungsabsorption geschieht, und man vergebens hofft, durch massenhafteres Einbringen künstlicher Digestionsprodukte ins Blut einen Ersatz für die ordnungsmässige Ernährung zu bieten.

Absorption auf anderen Flächen, in geschlossenen Höhlen und in den Geweben.

Auf der Haut. Die starre Epidermis ist zwar der Absorption nicht günstig; dennoch absorbiert die Haut flüssige oder gasige Substanzen, sobald die Oberhaut entfernt oder imbibirt ist. Zunächst Wasser im Bad, wie sich aus den Gewichts differenzen vorher und nachher ergibt, wenn man den Verlust durch die Lungen ausdünstung und die Temperaturwirkung auf die Haut in Rechnung nimmt. Hat das Bad mehr als Blutwärme, so tritt zu dem Wasserverlust durch die Lungen auch ein solcher durch Schweiss, und der Mensch kömmt leichter aus dem Bad, als er hineingetreten ist. Bei einem Bad von 25—26° R., das keine Hautausdünstung bewirkt, hält die Wasserabsorption der Lungenexhalation das Gleichgewicht, und man bemerkt nach dem Bad weder Ab- noch Zunahme des Gewichts. Bei lauen und kühlen Bädern überbietet die Hautabsorption die Lungenverdunstung, und der Körper wird schwerer. — Auch kleine Mengen Salz werden aus dem Badwasser absorbiert und lassen sich im Blut, im Urin nachweisen; daher der Nutzen arzneilicher Bäder. Dasselbe gilt von Lösungen, welche man örtlich nach Art eines Bades mit der Haut in Berührung bringt. Einreibung (bei Salben) wirkt da-

bei begünstigend. Wo die Epidermis fehlt, werden nicht nur Lösungen mit grösster Leichtigkeit absorbirt, sondern auch trockene lösliche Substanzen (aufgestreute Pulver), nachdem sie zuvor durch ausgeschwitztes Blutplasma gelöst wurden (endermatische Application von Arzneistoffen auf durch Blasenpflaster entblösste Stellen). — Auch eine Gasabsorption findet statt, zunächst eine Art Respiration (Austausch von Kohlensäure gegen Sauerstoff). Thiere, die man in schädliche Gasarten bringt, erliegen bald, auch wenn man ihren Kopf frei hält.

Bei den Lungen ist die Absorption vorzugsweise auf Gase namentlich den Respirationsprocess berechnet; doch können auch mit der Luft schädliche Gase ins Blut gelangen. Die Dämpfe von Chloroform, Aether u. s. w. werden absorbirt, und es ist wahrscheinlich, dass viele Miasmen und Ansteckungsstoffe durch die Lungen ins Blut gelangen. Doch auch Flüssigkeiten und Lösungen werden trotz der Stickanfalle, die ihre Einbringung anfangs bewirkt, von der Lungenschleimhaut mit grosser Schnelligkeit aufgesaugt, und wenn man zum Zweck eines Experiments einen salzigen Stoff rasch ins Blut bringen will, so kann man kaum einen besseren Weg wählen, als die Lungen. Drei Drachmen weingeistigen Brechnuss-extractes, in die Luftröhre eingebracht, tödten ein Pferd binnen fünf oder sechs Minuten. Diese Schnelligkeit beweist, dass hier die Absorption hauptsächlich durch die Venen besorgt wird.

In den geschlossenen Höhlen der serösen Häute, der Gelenkscapseln u. s. w. findet gleichfalls eine sehr energische Absorption statt, obschon die pathischen Produkte nur sehr langsam aufgesaugt zu werden pflegen. Bringt man in die Peritonealhöhle eines Thiers eine feste organische Substanz, ein Fleischstück zum Beispiel, so verliert es (im Gegensatz von den Erscheinungen der Verdauungsabsorption) anfangs alle seine flüssigen Bestandtheile und stellt bald nur noch eine Kernmasse dar, welche nach Michaelis sofort eine Metamorphose erleidet, ähnlich der, die man an vom Luftcontact abgesperrten Stickstoffkörpern bemerkt; es bildet sich nämlich eine im Serum lösliche ammoniakalische Seife, die nach Massgabe ihrer Entstehung in dieser Form absorbirt wird. Auf dieser Erscheinung beruht der chirurgische Grundsatz der Arterienunterbindung vermittelt eines absorptionsfähigen thierischen Gewebs. Eingespritzte Flüssigkeiten kommen viel schneller als im Darm zur Aufsaugung, und man hat eine Cyankaliumlösung aus der Pleura eines Hundes schon nach zehn Minuten im Urin wieder gefunden. — Auch in den Behältern drüsiger Secrete geht stetig Absorption vor sich: die Galle aus der Gallenblase ist dunkler, als die unmittelbar aus der Leber kommende, der Urin am Morgen dunkler und salziger, als den Tag über.

Man hat sich früher die Einwirkung von Giften durch die unmittelbare Action der Noxe auf die Nerven erklären wollen; allein sie müssen ins Blut übergegangen und durch dieses den betreffenden Organen zugeführt sein, ehe sie ihre Action entfalten können.

Wenn man den Schenkel eines Thiers vom Körper in einer Weise ablöst, dass er mit letzterem nur noch durch einen Hauptnerv in Verbindung steht, so kann man das ganze abgelöste Glied in das stärkste Gift tauchen, ohne dass an dem Thier selbst Toxicationserscheinungen auftreten; wird indess der Zusammenhang des Glieds mit dem Körper bei Abtrennung aller anderen Theile nur noch durch eine Arterie und Vene (die Arteria und Vena cruralis z. B.) unterhalten, so wirkt die Anwendung von Gift auf das Gewebe des abgelösten Theils eben so tödtlich, als wenn die Verstümmelung nicht stattgefunden hätte. Dieses Experiment liefert den bündigen Beweis, dass das Gift in den Blutstrom eingetreten ist, welcher aus dem Glied dem Körper zugeht, und da die Lymphgefäße nur in der Brusthöhle mit dem Blutgefässsystem in Verbindung stehen, so geht daraus hervor, dass die Vene (direct oder indirect durch die Capillaren) die Absorption besorgt hat. Dass den Venen diese Eigenschaft zukömmt, wissen wir bereits aus den Erscheinungen der Verdauungsabsorption, und wo wir einen schnellen Uebergang eines Absorptionsstoffs in die Blutmasse wahrnehmen, werden wir wohl die Ueberführung auf Rechnung der Venen schreiben dürfen. Denn einmal ist die Bewegung der Flüssigkeit, welche in den einem gleichen Zweck dienenden Lymphgefässen enthalten ist, viel langsamer, als in den Venen, und zweitens haben die Lymphgefäße ein sehr enges Lumen, das sich bis zum Eintritt in den Ductus thoracicus nicht viel erweitert. Um des letzteren Umstands willen können sie wohl in den Fall kommen, dass reizende oder narkotische Substanzen in einer Weise auf die contractilen Wandungen wirken, welche die Fortbewegung des Inhalts und somit auch die weitere Absorption hindert. Eine ähnliche Erscheinung ist bei den Venen weniger zu besorgen, weil sich ihr Lumen schnell erweitert und die Circulation in ihnen nicht so fast unter dem Einfluss ihrer Contractilität, sondern hauptsächlich unter dem des Herzdruckes steht. Man kann in diesem Sinne einen Versuch von Henle und Beer deuten, welche an einem Kaninchen die Aorta abdominalis unterbanden und damit durch Hinderung des Blutstroms nach den hinteren Extremitäten auch den Rückfluss (die Thätigkeit der Venen) unmöglich machten. Nun brachten sie in eine Schenkelwunde eine starke Dosis Strychnin ein, und die Folge davon war, dass keine Vergiftung eintritt, obgleich der Weg durch die Lymphgefäße frei blieb, wahrscheinlich wegen der lähmenden Einwirkung durch die Gefässwandungen.

Wir müssen hierorts noch jene interstitielle Ernährungsabsorption berühren, welche die durch die Lebensprocesse verbrauchten Stoffe wieder ins Blut bringt, damit sie durch die Secretionsorgane zum Ausstoss kommen mögen. Sie ist's, unter deren Einfluss der Hungernde abmagert und die meisten Gewebe schwinden (S. 12); unter ihrem Einfluss entstehen die Markkanäle der Röhren- und die Zellen der breiten Knochen, bildet sich Knochenschwund unter Geschwülsten, verschwinden die Wolfischen Körper im

Fötus und bilden sich viele pathologische Exsudate und Neubildungen wieder zurück. Welchen Weg diese Resorption (wie wir sie besser nennen) einschlägt, ist durch Versuche nicht zu ermitteln; doch sind viele Wahrscheinlichkeitsgründe zu Gunsten der Lymphgefässe vorhanden, deren Inhalt sich so wenig von der Flüssigkeit unterscheidet, welche alle Organe tränkt, dass einige Physiologen die fast alle Gewebe durchziehenden Bindegewebskörperchen mit ihren sich verstrickenden Ausläufern (nach Henle Intercellularräume) für die eigentlichen Wurzeln der Lymphgefässe halten; beide sind nämlich ärmer an Eiweissstoff, als das Blutplasma, obschon sie den Faserstoff nahezu im gleichen Verhältniss, wie das Blut, in sich schliessen. Wenn indess bei den interstitiellen Resorptionserscheinungen, die bei der Rückbildung pathischer Stoffe eine so bedeutende Rolle spielen, auch vorzugsweise den Lymphgefässen zuzuschreiben sein dürfte, so lässt sich die Mitwirkung des Venensystems doch nicht ausschliessen, indem solche Rückbildungen auch da, wo sich keine Lymphgefässe nachweisen lassen, bei Exsudationen im Gehirn zum Beispiel, vorkommen.

Nun noch ein Wort über die Bedingungen, welche auf die Absorption Einfluss haben. Des Drucks ist bei der Absorption der Fette im Darm bereits Erwähnung geschehen; in gleicher Weise begünstigend wirkt, wenn auch langsam, äusserer Druck, der in der Chirurgie häufig zu Vertheilung von Geschwülsten in Anwendung kömmt. Andererseits erweist sich Druckverminderung als absorptionhemmend, und ein auf eine Wunde angebrachter Schröpfkopf widersetzt sich mit grösserem oder geringerem Erfolg dem Eindringen von Giften, die mit der Wunde in Berührung kamen (bei Bissen von wüthenden Hunden). — Die Verminderung der flüssigen Bestandtheile des Organismus durch Blutverlust oder Nahrungsverkümmern begünstigen die Absorption, während volle Gefässe der Aufnahme von weiteren Flüssigkeiten Widerstand entgegensetzen. Injicirt man warmes Wasser in die Pleura eines Thiers, dem man vorher viel Blut entzogen hat, so verschwindet es viel geschwinder, als wenn dasselbe Experiment am vollblütigen Thier vollzogen wird; injicirt man dagegen vor dieser Operation warmes Wasser in die Venen, so geht die Absorption viel langsamer von statten. Wählt man statt des warmen Wassers eine Giftlösung, so treten die toxischen Erscheinungen mit einer diesen Verhältnissen entsprechenden Geschwindigkeit auf. Blutarme oder schlecht genährte Menschen sind der Aufnahme von Miasmen und Ansteckungsstoffen besonders zugänglich.

Chylus. Lymphe.

Chylus

nennt man die Flüssigkeit, welche während der Verdauung von den Centralgefässen der Darmzotten aufgesaugt wird und in dieser Periode sich ganz anders verhält, als der gewöhnliche Inhalt der Mesenteriallymphgefässe, welcher ausser der Verdauungszeit viel

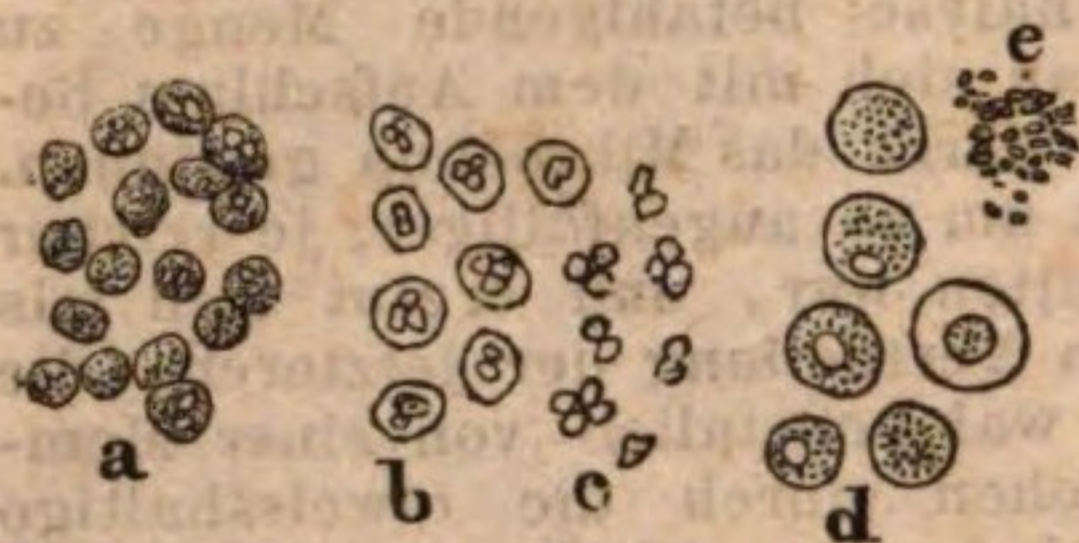
spärlicher fliesst und sich von der Lymphe nicht unterscheidet. In seiner Reinheit sieht man ihn nur, wenn man ein in der Verdauung begriffenes Thier schlachtet, weil dann die sonst unsichtbaren Gefässe als milchweisse, von Knoten unterbrochene Stränge hervortreten; es ist daher nicht möglich, eine zu einer genauen chemischen Analyse befähigende Menge zu sammeln, weshalb man sich mit dem Aufschluss begnügen muss, den wir durch das Mikroskop gewinnen. Die weisse Färbung ist um so augenfälliger, je reicher der Darminhalt an Fetten war, und ergibt sich als eine Folge der feinen Vertheilung der letzteren, die als unmessbar feine, wahrscheinlich von einer Membran umhüllte Tröpfchen durch die eiweisshaltige Flüssigkeit vertheilt sind. Der Chylus ist jedenfalls eine sehr wasserreiche Flüssigkeit, die schwerlich mehr als 9—10 Procent fester Bestandtheile, darunter gerinnbares Eiweiss (keine Peptone) enthält. Die Fettmenge kann während der Verdauung fetter Speisen sehr bedeutend werden. Ausserdem findet man Zucker und Salze, namentlich Chlorkalien und Spuren von phosphorsauren Salzen.

Die Lymphe

ist zum Unterschied von dem Chylus, den wir nur als eine mit den von aussen eingeführten Nährelementen geschwängerte Lymphe betrachten dürfen, eine Flüssigkeit, die dem Blut gleichfalls Stoffe zuführt, aber solche, die schon einmal Blutbestandtheile gewesen sind. Denn bekanntlich taucht das Lymphsystem im allgemeinen seine Wurzeln in die Parenchymflüssigkeiten der meisten Organe und Gewebe des Thierkörpers, in welchen man die sogenannten Bindegewebskörperchen mit ihren feinen Ausläufern als die feinsten Anfänge der Lymphgefässe angesehen hat (S. 46). Die frisch aufgesaugte Lymphe, die in den Lymphdrüsen bald Umwandlungen erleidet, ist nur in so geringen Mengen zu gewinnen, dass sich nichts bestimmtes über sie aussagen lässt; doch kann man annehmen, dass sie nach der Verschiedenheit der Säfte in den Organen, namentlich den drüsigen, sich verschieden verhalte, obschon ihr durchgängig ein gewisser Allgemeincharakter zukömmt. Sie ist nämlich eine sehr wässrige Flüssigkeit von nicht über 10 Procent festen Bestandtheilen, darunter vorwiegend gerinnbares Eiweiss, Fett, Salze und sogenannte Extractivstoffe, so dass also die Differenz zwischen Lymphe und Chylus hauptsächlich in dem viel grösseren, den Speisen entnommenen Fettgehalt des letzteren besteht. Bei dem Ausgang der Lymphe aus dem Ductus thoracicus (sie ist hier natürlich stetig auch mit der Lymphe aus dem Dauungskanal, dem Chylus gemischt) erscheint sie als eine farblose oder gelblich weisse Flüssigkeit, welche unter dem Mikroskop sich in ein farbloses Plasma mit darin suspendirten kernhaltigen Zellen (Lymphkörperchen), feine Fettkörperchen und Kerne zerlegt. Die Lymphkörperchen haben ein granulirtes Aussehen und sind den Zellen, welche man in den Lymphdrüsen findet, äusserst ähnlich, wahrschein-

lich mit ihnen identisch, indem sie eben von ihrer Bildungsstätte fortgespült wurden; andererseits gleichen sie völlig den farblosen Blutkörperchen und Eiterkörperchen (Fig. 7 gibt letztere a frisch, b und c un-

Fig. 7.



ter Behandlung mit Essigsäure, wobei sich im Innern der Inhalt zu Klümpchen ballt oder auch die Umhüllungs-
membran ganz verloren geht, d bei Quellung im Wasser). Die Lymphe gerinnt spontan (aber

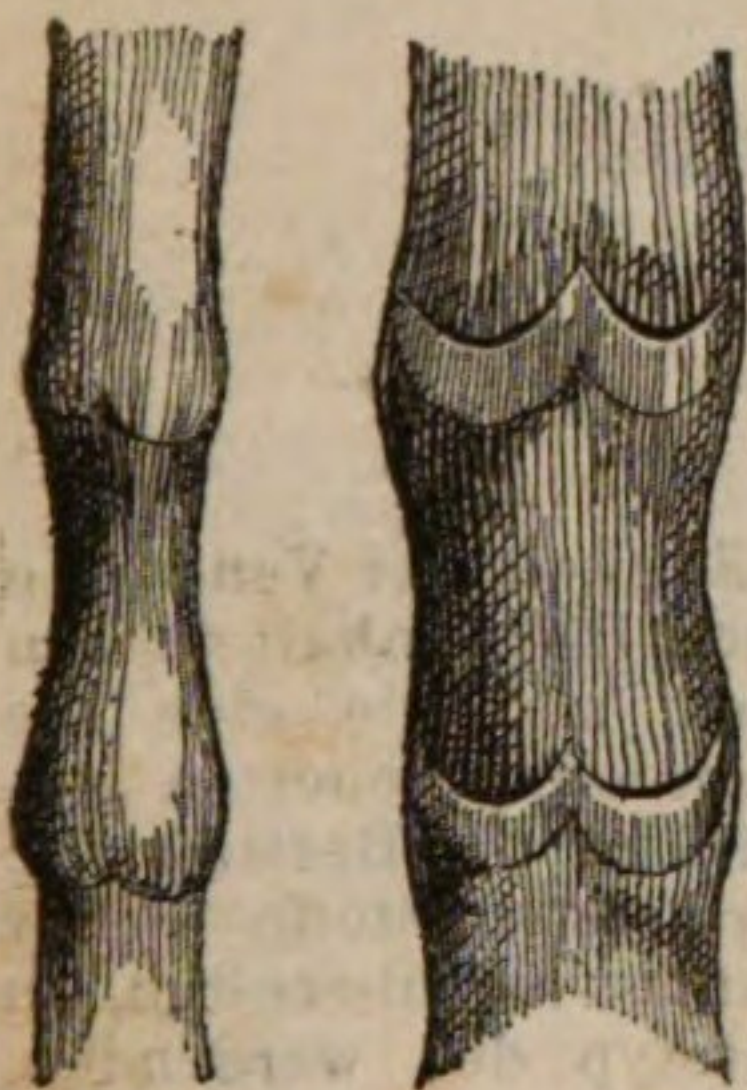
nie in ihren Gefässen, was beim Blut bisweilen geschieht), langsamer als Blut und bildet unter Auspressung von Lympheserum einen Lymphekuchen; auch enthält sie eine fibrinogene und fibrinoplastische Substanz, jedoch letztere weniger als das Blut, so dass Zusatz von Blut die Gerinnung beschleunigt. Die übrigen Bestandtheile sind ausser dem fehlenden Farbstoff ganz die des Blutes, in dessen Mischung die Lymphe jetzt eingeht, Wasser, Salze, Albuminate, Fette, Zucker, Harnstoff, Extraktivstoffe.

Die Menge der in einer bestimmten Zeit dem Blut zuströmenden Lymphe ist nicht einmal annähernd zu bemessen, da die Methoden zu ihrer Ermittlung (aus dem Ductus thoracicus frisch getödteter oder lebender Thiere) Verhältnisse setzen, die von dem normalen Zustande zu sehr abweichen; doch muss die Zufuhr immer eine sehr ansehnliche sein. Die Bewegung der Lymphflüssigkeit in ihren Gefässen geschieht unter geringem Druck und sehr langsam wegen des bedeutenden Widerstandes, welchen die Lymphdrüsen üben. Auch ist die Circulation in den verschiedenen Theilen des Systems sehr veränderlich, indem man Stellen finden kann, die von Lymphe strotzen, und andere, die fast leer erscheinen. Diese Unregelmässigkeit hat ihren Grund hauptsächlich in dem Fehlen eines Propulsionsorgans. Die Bewegung selbst beruht auf einer Combination von Ursachen, unter denen wir zuerst den Druck der Darmgase, die Contraction der Darmwandungen und die Thätigkeit der Muskelfasern in den Darmzotten nennen müssen. Dann kommt die Contractilität der Gefässwandungen selbst in Betracht, von deren Action man sich am besten überzeugen kann, wenn man ein in voller Verdauung befindliches Thier öffnet und die Lymphgefässe dem Einfluss der Luft aussetzt. Man sieht die gefüllten weissen Chylusgefässe durch die Wandungen des Gekröses durchscheinen; die Luft wirkt auf sie als ein Reiz, in dessen Folge die Flüssigkeit gegen den Ductus thoracicus hin entweicht, so dass die entleerten Gefässe für das Auge kaum mehr unterscheidbar sind. Beim Pferd, dessen gefüllte Chylusgefässe die Dicke eines Gänsefederkiels besitzen, während die leeren sich nur wie dünne Fäden ausnehmen, ergibt dieser Versuch ein besonders augenfälliges Resultat. Auch die vielen Klappen kommen in Betracht, die in halbmondför-

miger Construction und paariger Stellung sich beim Anströmen der Flüssigkeit vorwärts an die Kanalwand legen, bei einem Versuch des Rückstroms aber, welcher durch die Contraction des Gefässes bewirkt werden könnte, sich gegen die Mitte der Röhre hin aufrichten, so dass ihr Lumen sich schliesst und nichts durchlässt, folglich der Inhalt immer weiter gegen den Ductus thoracicus, respective dessen Ausmündung vorrücken muss. (Fig. 8 und 9 geben ein Lymphgefäss

Fig. 8.

Fig. 9.



von aussen, an welchem die Bauchungen die Klappenlage bezeichnen, 8, und ein durchschnittenenes, an welchem man die halbmondförmigen Klappen sieht, 9.) Bei dieser Art von Fortbewegung üben die Contractionen der benachbarten willkürlichen Körpermuskel einen sehr fördernden Einfluss: ein am Hals eines Pferdes angestochenes Lymphgefäss fliesst viel stärker, wenn der Hals bewegt wird. Ferner sind die Lymphdrüsen mit Muskelfasern versehen, durch welche in demselben Sinn auf die Lymphe gewirkt werden kann. Und schliesslich wirken die Respirationsbewegungen

zu Gunsten der Lymphbeförderung, indem der leere Raum, welchen bei der Inspiration die den Brustkorb erweiternden Muskeln schaffen, nicht nur Luft, sondern auch alle die Flüssigkeiten anzieht, die ordnungsmässig der Brusthöhle zuströmen können, während andererseits die Verkleinerung der Bauchhöhle bei der Expiration ebenfalls dazu beiträgt, die Flüssigkeit im Abdominaltheil des Ductus thoracicus nach oben zu drängen.

Drittes Kapitel.

D a s B l u t.

Da neben der Absorptionsthätigkeit der Venen die beiden Reihen von Lymphgefässen ihren Inhalt in den allgemeinen Säftestrom ergiessen und die eine die Trägerin des von aussen stammenden erneuerten Materials ist, die andere wahrscheinlich die Bestimmung hat, die in den Organen verbrauchten Stoffe wieder flüssig zu machen und zum Ausstoss vorzubereiten, so erscheint das Blut als das Prototyp des werdenden, wie des vergehenden Menschen und muss daher alle Bestandtheile, die ihn zusammensetzen, in sich enthalten. Es ist der concentrirteste Saft des Organismus und zeigt im normalen Zustande, da jedes austretende Theilchen sich wieder zu ersetzen strebt, in seinen Allgemeinverhältnissen eine Constanz, die nur geringen Schwankungen ausgesetzt ist.

Menge.

Die Blutmenge des menschlichen Körpers ist sehr verschieden beurtheilt worden. Harvey schätzte sie ungefähr zu $\frac{1}{20}$ des Körpergewichts, während Haller aus dem ausgeflossenen Blut Hingerichteter und aus profusen Blutungen, die er beobachtet, den Schluss zog, dass sich in den Arterien und Venen 28 Pfund rothen Blutes befinde, von denen nur ein Fünftel auf Rechnung der ersteren, die anderen vier Fünftel auf Rechnung der Venen kommen. Herbst empfiehlt, die Gefässe einer Leiche zu injiciren und die Blutmenge nach der verbrauchten Injectionsmasse zu bemessen, ein Versuch, der in zweifacher Richtung ein falsches Resultat geben muss, sofern eine flüssigbleibende Injectionsflüssigkeit durch die Wandungen transudiren würde, eine erstarrende aber unmöglich in alle Gefässe gelangen könnte. Valentin entzog eine bestimmte Blutmenge, die er abdampfte, und spritzte in die geöffnete Vene eine gleich grosse Menge destillirten Wassers ein. Nach 5 Minuten nahm er noch eine Venaesection vor, dampfte das gewonnene Blut abermals ab und verglich sodann die Gewichte beider Rückstände, die ihm in Rechnung das Verhältniss der

Gesamtblutmenge zu der um ein bestimmtes Quantum verminderten ergab. Diese Methode, welche auf einen erwachsenen Menschen von 140 Pfunden die von Haller angenommenen 28 Pfunde ergibt, wäre für starre, impermeable Gefässe vollkommen korrekt; allein man muss annehmen, dass während der 5 Minuten zwischen der Injection und dem zweiten Aderlass ein Theil des Injectionswassers beim Durchgang durch die Kapillaren in die Gewebe ausgetreten ist und der Rückstand des zweiten Aderlassblutes eine zu hohe Verhältnisszahl gibt, die angegebene Ziffer also zu ermässigen sein dürfte. E. Weber hat ein directeres Verfahren eingeschlagen. Er wog einen zur Hinrichtung bestimmten Verbrecher und nach der Enthauptung wieder Kopf und Rumpf, aus der Differenz das ausgeflossene Blut ermittelnd. Nun trieb er einen Strom destillirten Wassers so lange in die Gefässe des Rumpfes und Kopfes ein, bis es farblos wieder abfloss, dampfte dieses Wasser ab und berechnete aus dem festen Rückstand, den er mit einem Theil des bei der Hinrichtung ausgeflossenen Blutes im frischen und abgedampften Zustand verglich, die durch die Ausspülung gewonnene Blutmenge. Der Experimentator erhielt auf diese Weise zwischen Blut- und Körpergewicht die Verhältnisszahl 1:8, welche für unsere vorige Annahme nahezu 18 Pfund ergibt, eine Ziffer, die vielleicht etwas zu niedrig ist, da durch den angedeuteten Process kaum alle festen Blutbestandtheile ausgezogen werden.

Die absolute Blutmenge lässt sich um so weniger in ein sicheres Verhältniss bringen, als sie in sehr weiten Grenzen variiren kann. Nach schweren Blutungen und im Darbezustand ist viel weniger Blut vorhanden als bei gesunden wohlgenährten Menschen. Bernard fand, dass man einem Thier die Hälfte seines Bluts entziehen könne, ohne dass es stirbt; auch soll nach demselben Autor der Mensch ein paar Stunden nach der Mahlzeit fast noch einmal so viel Blut haben, als im Zustand des Hungers.

Physicalische und microscopische Eigenschaften.

Das aus einer geöffneten Vene ausströmende Blut ist eine dunkelrothe klebrige Flüssigkeit von etwa 1,055 specifischer Schwere und alkalischer Reaction; beim Erkalten stösst es einen für jede Thierart, ja für jedes Individuum eigenthümlichen Geruch aus, der Aehnlichkeit hat mit dem des Schweisses und durch Beimengung von Schwefelsäure stärker zur Entwicklung gebracht wird. Die Umsetzung des Zuckers in Milchsäure verleiht dem Blut eine saure Beschaffenheit. Dem Anschein nach eine homogene Masse, enthüllt uns das Microscop, dass es aus einer Menge von zelligen Bildungen besteht, welche in einer durchsichtigen Flüssigkeit, dem Blutplasma schwimmen. Diese Zellen sind unter der Bezeichnung rother und weisser Blutkörperchen bekannt.

Die rothen Blutkörperchen wurden zuers

von Malpighi beschrieben, der sie beim Igel beobachtete und für Fettkügelchen hielt. Man kann sie in jedem durchsichtigen Gewebe, in der Schwimnhaut des Frosches, in der Flatterhaut der Fledermaus oder in einem Tropfen Menschenblut untersuchen, den man mit einer Flüssigkeit von gleichem specif. Gewicht, einer Zuckerlösung zum Beispiel, verdünnt hat; im unverdünnten Blut hindert ihre Menge die Beobachtung. Einzeln gesehen erscheinen sie gelb, in gehäuf-ter Aufeinanderlagerung aber roth. Sie sind biconcave, kreisförmige Scheibchen von $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{400}$ ''' Durchmesser und im Centrum so dünn, dass Munro und Abbé Torre sie für wirtelartig durchbohrt hielten. In der Ruhe treten sie gerne in geldrollenartige Häufchen zusammen. Im Wasser schwellen sie durch Endosmose an und werden biconcav oder kugelig durchscheinend, bis sie zuletzt dem Auge verschwinden. Man meinte, letzteres sei eine Wirkung des Platzens; aber Gulliver zeigte, dass sie wieder sichtbar werden, wenn man eine Sublimat- oder Jodidlösung darauf einwirken lässt, woraus man den Schluss ziehen kann, das Verschwinden des Objekts werde durch Auflösung des Farbstoffs im Wasser veranlasst. In einer dichteren Flüssigkeit sieht man die Blutkörperchen schrumpfen und am Rande zackig werden. Auch Speichel veranlasst eine solche Einkerbung des Randes, noch mehr aber saurer Wein, unter dessen Einfluss die Spitzen sich fadenartig ausziehen. Ebenso schrumpfen sie unter der Einwirkung von concentrirten Kochsalzlösungen, Alkohol und Mineralsäuren. Man unterscheidet an jedem Blutkörperchen eine farblose Hülle aus Globulin und den gefärbten Inhalt, aus Hämatin bestehend; im Fötusleben haben sie einen Kern, den Nasse auch in dem Blut schwangerer Frauen wahrgenommen hat. Essigsäure, Aether und Alkalien lösen die Blutkörperchen auf; auch concentrirte Galle wirkt zerstörend auf sie. — Man kann die rothen Blutkörperchen im Ei bereits unterscheiden, noch ehe Herz oder Drüsen gebildet sind; sie erscheinen dann gross, kugelig, farblos, und enthalten neben einem Kern eine fettartige granulirte Substanz. Kölliker meint, sie vermehren sich durch Quertheilung. Sie nehmen allmählig eine flachere Form und die röthliche Färbung an, während sich der Kern noch immer erhält. Erst im dritten Monat des Fötuslebens treten sie als biconcave, gelbe kernlose Scheibchen auf und werden fortan durch Metamorphosen des Chylus und der Lymphzellen erneuert. — Die Wand der rothen Blutkörperchen ist so zäh und elastisch, dass sie durch Capillaren von kleinerem Kaliber hindurchgedrängt werden und doch die frühere Form wieder annehmen können; ja, sie sind so conservatischer Natur, dass Blutscheibchen eines Thiers in einem andern den Verdauungsprocess unbeschädigt durchmachen und ins Blut übergehen können, in welchem sie sich mehrere Tage lang durch ihre verschiedene Form nachweisen lassen. Häufig kleben sie mit ihren Oberflächen wie Münzen in einer Geldrolle an einander: die Verklebung scheint beim Pferd zum normalen Zustand zu gehören, während sie beim Menschen als eine Beglei-

tungserscheinung von Exsudationsprocessen (Entzündung) auftritt. Wie dünnwandig auch die Capillaren werden mögen, so bleibt ihre Haut doch für die Scheibchen stets impermeabel. — Die Farbe der rothen Blutkörperchen rührt nicht von dem Eisen her, denn sie bleibt, wenn auch dieses entfernt ist, während man Eisen im farblosen Blut vieler niederen Thiere findet. Nach Henle hängt sie von den Blutgasen ab: die Kohlensäure des venösen Blutes dehne die Blutkörperchen aus und bewirke damit, dass das dunkle Hämatin unter den verdünnten Wänden deutlicher werde, während der Sauerstoff, der die Körperchen zum Schrumpfen bringe, das Hämatin lichter erscheinen lasse; setze man das Blut abwechselnd diesen Gasarten aus, so lasse sich der Uebergang von dunkelroth in hellroth und umgekehrt neun oder zehnmal bewirken; dann aber verlieren die Körperchen, vielleicht weil sie zu Grunde gehen, dieses Vermögen. Dass der Farbenwechsel eher einen mechanischen, als einen chemischen Grund hat, geht aus dem Umstand hervor, dass diese Gase nicht dieselbe Einwirkung auf eine Hämatinlösung üben. Dreher betrachtet den Uebergang des Indigos von gelb zu blau bei Absorption von Sauerstoff und die Umwandlung von blau zu gelb beim Ausstoss desselben als eine analoge Erscheinung. — Die Hauptfunction der rothen Blutzellen besteht in dem Befördern des Sauerstoffs nach den Geweben, wo er unter Entbindung von Wärme seine oxydirende Wirkung geltend macht, um in dem Lymph- oder Venensystem als Kohlensäure, Harnstoff, Wasser oder sonst verbrauchter Stoff den Ausstossorganen zugeführt zu werden. Dass das Vermögen, den Sauerstoff zu absorbiren, hauptsächlich den rothen Blutkörperchen zukömmt, geht aus dem Umstand hervor, dass eine Blutflüssigkeit, welche derselben beraubt ist, auf 100 nur ein Volumen Sauerstoff (ungefähr so viel wie reines Wasser) birgt, das Blut in toto aber 10 bis 13 Volumen aufnimmt. Der Sauerstoff ist vom Blut so leicht wieder zu trennen, dass man keine chemische, sondern eine losere Verbindung annehmen zu müssen meinte. Schönbein hat aber die wichtige Entdeckung gemacht, dass er in eine allotrope Form umgewandelt wird, die er Ozon nennt, eine Form, welche die Befähigung vermittelt, rasch chemische Verbindungen einzugehen. Auf andere Functionen, die noch nicht gehörig aufgeklärt sind, weist Lehmann hin, indem er die Blutkörperchen als die Werkstätten bezeichnet, in welchen die constituirenden Bestandtheile des Plasmas auf den höheren Dienst, bei dem Anbau und Ersatz der Gewebe mitzuwirken, vorbereitet werden. — Wenn diese microscopischen Gebilde ihre Functionen erfüllt haben, so lässt sich aus der Aehnlichkeit des Blutfarbstoffs mit der Galle die wahrscheinliche Vermuthung schöpfen, dass sie in der Leber zu Grund gehen. Der Wiederersatz geschieht nicht schnell, wie man nach starken Blutungen oder Aderlässen sieht, indem die in solcher Weise geschwächten Personen nur sehr langsam wieder zu Kräften kommen. Auch beim Hungern nimmt die Menge der Blutkugeln beträchtlich ab; sie werden

blass und durchsichtig. — Die sehr charakteristischen Eigenschaften dieser Gebilde machen ihre Entdeckung unter dem Microskop leicht, wesshalb auch dieses von den Gerichtsärzten als Test auf Blutflecken an Kleidern, Waffen u. s. w. benützt wird. Ihr Aussehen, wenn man sie mit Serum oder einer gleichdichten Zuckerlösung aufweicht, liefert noch nach Monaten ein weit sichereres Beweismittel, als irgend eine chemische Operation, die vielleicht wohl Blut constatirt, aber keinen bestimmten Aufschluss gibt über die Thierart, von der es stammt, während sich aus der Grösse und Form des Blutkörperchens auch dieses Moment mit grosser Sicherheit erheben lässt. Sehr interessant sind die Häminkrystalle, die sich auch aus den kleinsten Blutflecken durch Extraction mit Eisessig, in welchem man etwas Kochsalz gelöst hat, darstellen lassen; man dampft den Auszug bei 16 bis 32° R. ab und erhält vom Menschenblut kleine rothe Rhomben, die durch Chlor entfärbt werden.

Die weissen Blutkörperchen, von Bauer entdeckt, sind viel weniger zahlreich als die rothen, indem auf 300 der letzteren kaum eines der ersteren kommt; doch können sie nach eiweissstoffiger Nahrung, während der Schwangerschaft und nach Blutverlusten sehr zunehmen. In Krankheiten können sie sich sogar im Verhältniss von 1:7 vermehren. Sie sind meist grösser als die rothen Blutzellen, kugelig, perlfarbig und von granulirter Oberfläche. In den Capillaren beobachtet, scheinen sie sich nur träg an den Seiten hinzubewegen und gelegentlich dort wie angeleimt hängen zu bleiben, während die rothen in der Mitte des Gefässes hinschiessen. Ihre chemische Zusammensetzung kennt man nicht, da man sie nicht von dem Blutfaserstoff trennen kann; auch ihre Bedeutung ist unklar, obschon man vermuthet, dass sie zur Ernährung der albuminösen Gewebe dienen. Donné hält sie für ein Conglomerat von eiweissigen Körnchen. Andere nehmen an, sie seien identisch mit den Lymphkörperchen (S. 48) und werden in den Blutdrüsen in rothe Blutzellen umgewandelt. — Addison ist der Ansicht, dass die weissen Blutzellen mit dem Fibrin identisch seien. Jedenfalls lassen sie sich von diesem nicht trennen, und wenn man den Faserstoff durch Peitschen aus dem Blut entfernt, so findet man in der zurückbleibenden Flüssigkeit keine weissen Körperchen mehr. In vielen krankhaften Zuständen des Bluts (Entzündungsfiebern, Tuberculose, Leucocythämie) zeigt das Microscop sie in grösserer Menge, und die Analyse gibt dann auch einen reichern Faserstoffgehalt. So meint nun Addison, das Fibrin sei unter der Form von Fibrillen in den weissen Körperchen enthalten und ordne sich im Aderlassblut zu dem zähen Filz, den man *Crusta phlogistica* (Speckhaut) nennt. Wie vorhin bemerkt wurde, gibt Donné den weissen Körperchen den Charakter eines Conglomerats und Eiweisskörnchen; wenn nun diese durch eine weitere Oxydation zu Fibrin werden, so mag es wohl geschehen, dass nach Bersten der Zellenwand die Körnchen sich fadig ordnen, und man dürfte daraus den Schluss ziehen, das Gerinnen sei eine Begleitungser-

scheinung oder gar eine Wirkung der Oxydation, eine Ansicht, welche in der Nothwendigkeit des Contacts mit der Luft eine Bekräftigung findet. Auch ist es recht wohl denkbar, dass die Gerinnung des Eiweisses durch Salpetersäure auf Rechnung des in letzterer enthaltenen Sauerstoffs geschieht und das Eiweiss in eine amorphe Form des Fibrins umgewandelt wird. Die meisten weissen Blutkörperchen findet man zwischen der Ausmündung des Ductus thoracicus und den Lungen, in welchen eine Oxydation stattfinden kann. Piorry hat entdeckt, dass im Entzündungsblut oft eine Schichte weisser Zellen zwischen dem rothen Blutkuchen und der Entzündungshaut, also an einer Stelle liegt, wo ihr die Luft nicht beikommen kann. Virchow gibt an, Fibrin als solches exsudire nie aus dem Blut, obschon dieses einen Stoff enthalte, der sich durch lokale Ursachen leicht in Fibrin umwandle. Entzündung von Organen, die reichlich mit Lymphdrüsen und Lymphgefässen versehen sind (Lunge, Pleura, Leber) trägt viel zu Vermehrung des Fibrins bei, während durch Entzündung des Gehirns, wo es an Lymphgefässen fehlt, der Fibringehalt des Bluts keine erkennbare Steigerung erleidet. Ferner erfahren wir durch denselben Autor, dass der Faserstoff der Lymphe sich von dem des Blutes durch die Eigenthümlichkeit unterscheide, wohl an der Luft, aber nie in den Gefässen zu gerinnen, was sich aus dem Umstand erklären lässt, dass sie noch nicht mit der Luft in Berührung gekommen sind. Denis und Lecanu unterstützen vom chemischen Standpunkt die Ansicht, dass die weissen Blutzellen Fibrin enthalten, und Carpenter vermuthet, sie entwickeln Fibrin oder wandeln andere Eiweisskörper in Fibrin um; denn im Chylus befindet sich diese Substanz ursprünglich nicht, sondern sie entsteht erst bei der Wanderung durch die meseraischen Drüsen, in welchen bekanntlich sich die weissen Blutkörperchen bilden.

An diese Betrachtungen reiht sich die Frage an, ob das Fibrin oder das Albumin die höhere Organisationsstufe darstelle. Zimmermann hat sich zu Gunsten des Albumins ausgesprochen und erkennt in dem Fibrin bereits ein Verbrauchsstadium, weil es dem ersteren gegenüber in so geringem Verhältniss vorhanden ist und in dem Pfortaderblut, das frische Verdauungsprodukt dem Kreislauf zuführt, fast ganz fehlt; auch nimmt es verhältnissmässig zu in Anämie und Erschöpfungszuständen, in welchen der Verbrauch die Zufuhr überschreitet (Hunger). Nach Andral und Gavarret mindert er sich verhältnissmässig bei der Rassenveredelung; auch findet man wenig oder kein Fibrin im Fötusblut, im Blut der Fleischfresser und im Eidotter, diesem ungemein kräftigen Nährstoff. Liebig sagt, der Faserstoff sei vielleicht Albumin, halb in Gelatin umgewandelt; auch lässt er sich durch die Bechamp'sche Methode leichter in Harnstoff umwandeln, als Eiweiss. Man könnte sonach folgende absteigende Stufenleiter annehmen: Eiweiss, Muskelfaserstoff (Syntonin), Blutfaserstoff (Fibrin), Gelatin, Harnstoff. — Andererseits schöpfen einige Physiologen daraus, dass der Faserstoff im Arterienblut reichlicher vorkomme,

dass er (wie Dumas versichert) mehr Stickstoff enthalte, als der Eiweissstoff, und dass er ständig zu 2 bis 3 per Mille im Blut auftritt, während Kreatin, Harnstoff und andere verbrauchte Stoffe stetig abgeführt werden, die Annahme, das Fibrin sei das eigentliche Pabulum für die Gewebe. Das Problem harrt noch immer seiner Lösung.

Chemische Verhältnisse.

Auf die chemische Zusammensetzung vieler im Blut befindlicher Substanzen ist schon früher hingewiesen; es erübrigt daher nur, die quantativen Verhältnisse, in welchen sie vorkommen, und ihre wichtigsten Beziehungen anzugeben. Folgende Tabelle nach Lehmanns Analyse zeigt die Zusammensetzung des Bluts bei einem gesunden Mann von fünfundzwanzig Jahren, wie auch die Zusammensetzung der rothen Blutkörperchen und des Plasmas. Die Gesamtmischung hatte ein specifisches Gewicht von 1,060 und enthielt auf 513,02 per Mille Körperchen 486,98 Plasma.

	Blut.	Körperchen.	Plasma.
Wasser	788,71	349,69	439,02
Hämatin (mit Einschluss von 0,512 Eisen) . .	7,70	7,70	—
Hämatocrystallin . .	127,54	127,54	—
Fibrin	3,93	—	3,93
Albumin, Fett und Ex- tractivstoffe	64,24	24,35	39,89
Chlorkalium	2,06	1,89	0,17
Chlornatrium	0,70	—	0,70
Schwefelsaures Kali . .	0,20	0,06	0,14
Phosphorsaures Kali . .	1,20	1,20	—
Natrium	0,46	0,33	0,13
Kalk . .	0,19	0,05	0,14
Magnesia	0,14	0,03	0,11
Natrium	0,92	0,17	0,75

Das Wasser ist nach dem Zustand der Haut, der Nieren und der hygrometrischen Beschaffenheit einem stetigen Schwanken unterworfen, behauptet aber doch im allgemeinen eine überraschende Gleichmässigkeit, da es bei Thieren, welche man lange dürsten lässt, dasselbe specifische Gewicht zeigt, wie bei solchen, denen man nach Lust zu trinken erlaubt. Aderlass vermehrt die relative Wassermenge und vermindert somit das specifische Gewicht, vermag aber nicht, das Fibrin zurückzubilden oder entzündliche Exsudation zu verhüten, weshalb seine Bedeutung in Entzündungskrankheiten lange nicht mehr so hoch angeschlagen wird, wie früher. Beim Weib ist das Blut wässriger, als beim Mann.

Das Albumin verleiht der Blutflüssigkeit eine höhere Klebrigkeit, durch welche ihr Ausschwitzen erschwert wird. Nach Becquerel und Rodier hat das Blut Tendenz zu hydropischer Transudation, sobald es weniger als 60 per Mille Eiweiss enthält. In Lösung wird es erhalten durch das Natrium oder vielmehr durch das dreifach basisch phosphorsaure Natrium, das auch den phosphorsauren Kalk löst und dem Blut seine alkalische Reaction verleiht.

Das Fibrin wird allgemein mit den weissen Körperchen gezählt, da es sich von ihm nicht trennen lässt. Im Arterienblut findet es sich reichlicher als im Venenblut, wahrscheinlich weil es durch den Sauerstoff des ersteren aus dem Albumin gebildet wird. Das Pfortaderblut enthält sehr wenig Fibrin. Dasjenige, das aus dem Venenblut gewonnen wird, ist reicher, als das aus dem arteriellen, und das Blutfibrin unterscheidet sich von dem der Muskelfaser dadurch, dass es im Wasser, das $\frac{1}{10}$ % Salzsäure enthält, aufquillt, das der Muskelfaser aber sich grossentheils darin löst.

Die Fette sind Olein, Margarin, Cerebrin, Cholestrin und Serolin; doch soll das letztere nur eine Mischung von gewöhnlichem Fett und Eiweiss sein. Der Blutgeruch soll durch eine eigenthümliche flüchtige Fettsäure bedingt werden.

Die unorganischen Bestandtheile zeigen, wie sich aus unserer Tabelle ergibt, die Eigenthümlichkeit, dass Phosphor und Kali in den Körperchen stärker vertreten sind, als im Plasma, und daher mehr für die Nerven- und Muskelgewebe bestimmt zu sein scheinen.

Das Eisen soll nach Berzelius mit dem Hämatin der rothen Blutkugeln als Oxyd, nach Engelhardt und Mulder aber metallisch verbunden sein. Schekund bestätigt dies, denn als er getrocknetes Blut unter Zusatz von Wasser mit Schwefelsäure digerirte, sah er das Eisen sich mit der Schwefelsäure unter Entwicklung von Wasserstoff verbinden; das Eisen musste sich sonach auf Kosten des Wassers erst in Oxyd umwandeln.

Die Gase im Blut sind Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure; vom Sauerstoff kann das Blut (es geschieht in toto, nicht bloss von den Blutkörperchen) $\frac{13}{100}$ Volumina aufnehmen. Das Venenblut entwickelt im luftleeren Raum auf 100 Volumina 78 Kohlensäure und 2 — 3 Stickstoff, das Arterienblut 66 Kohlensäure und 10 — 12 Sauerstoff.

Man begreift wohl, dass die Blutflüssigkeit stets in ihrer Zusammensetzung wechseln muss, da sie ihre Bestandtheile im Zustand der Bildung, der Reife und des Verfalls enthält. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft erscheinen zusammengemischt, das Blut von gestern, das von heute und das von morgen; es gibt kein Mittel, sie von einander zu trennen.

Beziehung zur Electricität. Van der Kolk hat die Entdeckung gemacht, dass venöses Blut durch Einwirkung von Electricität wie von den meisten Neutralsalzen geröthet wird.

Arterienblut unterscheidet sich vom Venenblut durch die charakteristische scharlachrothe Färbung, wenn nicht besondere Umstände die Sättigung des ersteren mit Sauerstoff hindern. Letzteres ist nach John Davy in heissen Klimaten der Fall; in derselben Weise wirken Chloroform, Aether oder Opium, desgleichen das Zurückgehaltenwerden des Bluts durch das Tourniquet. In allen diesen Fällen erscheint auch das Arterienblut dunkel. Andererseits hat man venöses Blut aus einer in hoher Thätigkeit befindlichen Drüse, den Nieren der Parotis, scharlachroth hervorgehen sehen.

Hauptunterschiede zwischen Arterienblut und Venenblut sind:

Arterienblut:	Venenblut:
Scharlachfarben, nicht dichromatisch.	Braunroth oder purpurroth, in sehr geringer Schichte aber grün wegen seiner Dichromasie.
Temperatur gegen 30° R. Dichter und deshalb empfänglicher für Wärme.	Temperatur gegen 29° R. Geringeres specifisches Gewicht (Nasse behauptet das Gegentheil).
Mehr Fibrin und rothe Blutkörperchen.	Mehr Albumin.

Das Blut der Pfortader soll sich nach Simon und Schultz durch grösseren Wasser- und Fettgehalt vom anderen Venenblut und vom Arterienblut unterscheiden, während dagegen das der Lebervenen viel mehr Blutscheibchen und Fette, kein Fibrin und viel Zucker (der dem Pfortaderblut fast gänzlich fehlt) enthält.

Vitale Eigenschaften.

In den Gefässen besteht das bewegte Blut aus Plasma und darin schwimmenden Körperchen; dem Organismus entzogen aber scheidet das Fibrin aus dem Plasma und verbindet sich mit den Körperchen, die es mit einem Maschenwerk umzieht, zu einer festen Masse. Diese Erscheinung, welche man das Gerinnen (Coagulation) nennt, wurde zuerst von Harvey genau beschrieben. Die feste Masse heisst Blutkuchen, die flüssige, welche noch Eiweiss enthält, Serum oder, wenn das Eiweiss entfernt ist, seröse Flüssigkeit. So wird denn durch das Gerinnen eine rohe, spontane Analyse hergestellt, die sich folgendermassen gliedert:

Blut	{ Plasma Blutkörperchen . .	{ Serum Fibrin	{ Eiweiss Wasser Salze	{ Seröse Flüssigkeit
			{ Blutkuchen	

Einige Minuten nach dem Aderlass erstarrt das Blut; gelblichte, durchsichtige Tropfen von Serum treten daraus hervor und fliessen zusammen, während der im normalen Zustand rothe Kuchen immer fester und kleiner wird, bis er nach Ablauf von 24 bis 48 Stunden nur noch ein Drittel von dem Volumen des Serums ausmacht. Folgende Bedingungen begünstigen oder verzögern das Gerinnen.

Begünstigend:	Verzögernd:
Ruhe, obschon das Fibrin sich ausscheidet, wenn man das Blut mit Stäbchen oder einer Ruthe peitscht.	Bewegung.
Rauhe Oberflächen (die Fleischbalken im Herzen, atheromatöse Gefässtheile oder zerrissene Wunden).	Glatte Flächen (die glatte innere Haut der Arterien und Venen).

Contact mit der Luft, bei langsamem Ausströmen oder Stehen in einem flachen Gefäss.

Mässige Temperatur.

Abhaltung der Luft (bei raschem Ausströmen, Stehen in einem tiefen Gefäss oder Bedecktsein mit einer Oelschichte.

Hitze von 68° unter Gerinnung des Eiweisses und Kälte von -2° , bei welcher das Blut gerinnt.

Die Ursache des Blutgerinnens ist eine vielfach behandelte und noch immer nicht entschiedene Frage. Hunter meinte, das Gerinnen sei, nachdem das Flüssigsein nicht mehr nöthig, ein Consolidationsbestreben und keineswegs eine Wirkung der niederen Temperatur, welcher das Blut ausserhalb seiner Gefässe ausgesetzt werde, denn das Blut eines Fisches, das im lebenden Thier bei 13° flüssig sei, gerinne in einer höheren Temperatur. Seiner Ansicht, das Gerinnen sei eine Lebensthätigkeit, habe schon Harvey Ausdruck gegeben, indem er das Blut das *Primum vivens*, *ultimum moriens* nenne. Dass ein Streben zur Organisation dabei statfinde, erhelle aus folgenden Momenten: 1) nehme der Blutkuchen die bestimmte Form von sich verwebenden Fäden an, wie man sie etwa in der innern Haut der Eierschale und bei lymphatischen Exsudaten bemerke, 2) bilde sich der Blutkuchen unvollkommen unter denselben Bedingungen, unter denen auch die Lymphe aplatisch auftrete; und 3) finde oft Coagulation statt als erster Schritt zur Organisation, so im Thrombus über und unter einer unterbundenen Arterie. Die Organisation von Gerinnseln im Gehirn, von falschen Membranen und von in die Gelenke ausgetretenem Blut, dem man die Entstehung von Aftergebilden zuschreibe, sei eine analoge Erscheinung.

Gulliver verwirft die Annahme, dass das Gerinnen eine Lebenserscheinung sei, denn Blut, das man mit Salpeter behandelt oder dem Gefrieren ausgesetzt habe, gerinne noch nach einem Jahr, und das Leben könne man doch nicht einpökeln oder gefrieren lassen; doch lasse sich der Ausdruck Vitalität in demselben Sinne auf das Blut anwenden, wie auf Samen, die ihre Keimfähigkeit jahrelang erhalten. Brücke zeigte, dass man das Gerinnen hindern könne, wenn man es im Contact erhalte mit der Oberfläche von lebenden Gefässen; bringt man zwischen dem Blut und dem Gefäss eine Glasröhre ein, so geht das Gerinnen sogleich vor sich, während es zwischen zwei Ligaturen eines Gefässes vierundzwanzig Stunden flüssig bleibt. Sonach scheint das Gerinnen doch ein vitaler Akt zu sein, der unter günstigen Umständen zur Organisation führen kann. Draper sieht darin denselben Process, der stetig bei dem Gewebeanbau vor sich geht, nur mit dem Unterschied, dass die Zellen sich nicht verstricken; das Fibrin werde von dem Muskelgewebe angezogen, so bald es sich darbiete. Dass die Coagulation auf Rechnung des Fibrins kömmt, lässt sich nicht bezweifeln, denn wenn es in Krankheiten schwindet oder aus dem Blut herausgepeitscht wird, so gerinnt es nicht mehr. Die rothen Blutkör-

perchen haben keinen Theil daran; denn beim Frosch sind sie so gross, dass sie nicht durch das Filtrirpapier gehen, und dennoch gerinnt das durchgefilterte Plasma. Wohl hat Bernard in jüngster Zeit bekannt gemacht, dass Blut, welchem das Fibrin durch Peitschen entzogen wurde, oder Nierenblut, in welchem sich kein Fibrin befindet, zum Coaguliren gebracht werden können; aber dann muss sich Eiweissstoff durch Oxydation in Fibrin umwandeln. Die Untersuchungen von Richardson haben gezeigt, dass die Coagulation des Blutes von Ammoniakentwicklung abhängt oder begleitet wird. Schon Robert Boyle (1684) behauptete, das Blut entsende einen „Geist,“ und machte die Wahrnehmung, dass man es durch ein Ammoniaksalz flüssig erhalten könne und das Gerinnen erst nach dem Entweichen desselben statfinde. Haller lieferte den Beweis, dass der Blutdunst alkalisch sei. Wir wissen, dass im Blut das Albumin durch ein anderes Alkali, das Natrum, flüssig gehalten wird und dieses, da es nicht flüchtig ist, durch Sättigung mit einer Säure dieser Eigenschaft beraubt werden muss. Richardson zeigt, dass ein mit Salzsäure befeuchteter durchsichtiger Microscopobjektträger, den man über frisch abgelassenes Blut hält, sich mit Salmiakkrystallen beschlägt. Das Gerinnen wird verhindert, wenn man dem Blut Ammonium beimischt, das Entweichen von Ammoniak verhindert oder ein Gefäss mit Blut dem Dunst eines anderen aussetzt. Mit Ammonium behandelt, löst sich sogar der schon gebildete Blutkuchen wieder auf, und es findet erst wieder Gerinnen statt, wenn das Ammonium verdunstet ist. Ein Theil Ammonium hält ungefähr 3000 Blut flüssig. Man sieht, dass fast alle die Umstände, welche die Coagulation befördern oder verzögern, durch diese Hypothese sich erklären lassen. Lister wendet zwar dagegen ein, dass Blut, welches durch Ammonium flüssig erhalten wird, flüssig bleibt, wenn man das Ammonium mit Essigsäure sättigt; indess hat diese Einwendung nicht viel Werth, da auch dem sogebildeten Salz das Vermögen zusteht, die Gerinnung zu hindern. Hunter hat auf die Aehnlichkeit der Faserstoffgerinnung und der Fibrillenbildung mit der Muskelcontraction aufmerksam gemacht, und das Zusammenfallen der Todtenstarre mit der Blutgerinnung unterstützt seine Ansicht. So spricht auch die Bildung von Harnstoff, eines mit Cyanammonium metameren Körpers, bei der Muskelcontraction und die Entbindung von Ammonium beim Blutgerinnen als eine analoge Erscheinung an.

Der Blutkuchen wird bisweilen auf einige Linien unter der concav sich vertiefenden Oberfläche gelb oder grünlich (Speckhaut), ein Verhalten, das gewöhnlich zutrifft, wenn die Gerinnung langsamer vor sich geht und die Blutscheibchen Zeit haben, sich zu Boden zu senken. Dies fällt nicht selten mit Entzündungskrankheiten zusammen; doch hat kein auf falsche physiologische Ableitungen gegründeter Irrthum in der Praxis verhängnissvoller gewirkt, als die Annahme, dass die Speckhaut ein Beweis für die richtige Wahl des Aderlasses sei, denn sie tritt auch bei blutarmen Subjekten auf, da die Blutscheibchen im dünnen Blut viel

leichter zu Boden sinken. Man findet sie ferner bei Schwangeren und bei Personen, die sich durch Nachtwachen u. s. w. überreizt haben. Nach Rezius findet auch häufig eine Gerinnung des aus der Speckhaut hervorquellenden Serums statt. Die geldrollenförmige Anordnung der Blutscheibchen unterstützt die Speckhautbildung.

Plötzlicher Verlust einer grossen Blutmenge (beim Erwachsenen 4—6 Pfunde) wird leicht tödtlich, während ein langsamer, allmäliger Blutabfluss auch einen ansehnlich grösseren Verlust ertragen lässt. Die Ursache des Todes liegt nicht in dem Mangel der Ernährung der einzelnen Körpertheile durch die flüssigen Blutbestandtheile, denn der Tod tritt bei Entziehung aller Nahrungsmittel viel später ein, sondern wahrscheinlich in der mangelhaften Zufuhr von Sauerstoff in Folge der raschen Blutkörperchenverminderung. Diese Zufuhr scheint namentlich für die Centraltheile des Nervensystems von besonderer Wichtigkeit zu sein.

Die Transfusion des Blutes wurde zuerst von Lower (1665) ausgeführt und von Blundell bei Uterusblutstürzen therapeutisch in Anwendung gebracht. Bérard citirt 15 Fälle, in welchen durch sie das Leben gerettet wurde. Thiere, denen man Blut entzieht, dass sie wie todt daliegen, lassen sich wieder zum Leben bringen, wenn man ihnen Blut injicirt, in welchem sich noch die Blutscheibchen befinden; denn blosses Serum thut keine Wirkung. Man hat bisher geglaubt, das Blut von Thieren mit kreisrunden Scheibchen sei tödtlich für solche, die, wie die Vögel und andere, elliptische Blutzellen besitzen; aber nach Bischoff ist dies bloss der Fall, wenn man sich venösen oder mit Kohlensäure geschüttelten Bluts bedient, das giftig wirkt, während arteriöses ohne Schaden übertragen werden kann, wenn man nur vermeidet, dass keine Luft mit eingebracht wird. Andere erklären die Entfernung des Fibrins durch Schlagen für eine wichtige Bedingung, obschon vielleicht bei dieser Operation die stärkere Oxydirung das Hauptmoment bildet. Ein Thier, von welchem man zum Zweck der Transfusion Blut nimmt, sollte vorher gut gefüttert werden, da es dann den Verlust leichter erträgt und durch die Zufuhr des Chylus das Fibrin verhältnissmässig gemindert wird. Bérnard hat sogar gefunden, dass Blut von einem hungernden Thier wie Gift wirke, indem seine Transfusion in einem andern die Symptome einer Absorption von Fäulnisstoffen hervorrufe.

Viertes Kapitel.

Der Kreislauf.

Das Blut darf nicht stille stehen, sondern muss stets in Bewegung sein und sich durch alle Körperpartieen vertheilen, wenn es seine Verrichtungen erfüllen soll. Aus der linken Herzkammer hervorbrechend, durchströmt es die Aorta und die andern Arterien, gelangt durch die Capillaren in die Venen und kehrt endlich wieder in den rechten Vorhof zurück. Dieses Bahnsystem heisst der grosse Kreislauf. Ist er vollbracht, so tritt das Blut in die rechte Herzkammer ein, strömt von da aus durch die Pulmonalarterien zu den Lungen, diesen grossen Reinigungsapparaten, und kehrt sodann wieder durch die Pulmonalvenen nach dem linken Vorhof zurück. Diesen Abschnitt der Circulation nennt man den kleinen Kreislauf, nach dessen Beendigung alsbald der grosse wieder beginnt, um das stetige Wechselspiel und zwar, was nicht ausser Acht zu lassen, stets in dem gleichen Tempo während des ganzen Lebens fortzusetzen. Die Pfortader hat, wie aus der Anatomie bekannt ist, die Eigenthümlichkeit, sich in einen zweiten Baum von Capillaren zu verzweigen, zum Unterschied von andern Venen, die, nachdem sie aus einem Capillarsystem hervorgegangen, zum Stamm sich zu vereinigen streben. Man hat desshalb auch von einem Pfortaderkreislauf gesprochen und kann dies, da dem Allgemeinsystem ein anderes eingeschoben ist, mit demselben Recht thun, wie bei dem sogenannten kleinen oder Lungenkreislauf; dennoch bewegt sich das Blut in einem einzigen System von Kanälen, das nur an der Einmündung der beiden Ductus thoracici offen ist, und da das Lymphsystem selbst aus einem geschlossenen Netz seinen Ursprung nimmt, so bilden alle Gefässe des Körpers in ihrer Gesammtheit einen zusammenhängenden geschlossenen Behälter, der seine geformten Inhaltselemente (Blutkörperchen) nicht austossen kann und, soweit bis jetzt bekannt, Ab- und Zufuhr durch geschlossene Gefässwandungen vollbringen muss.

Diese Thatfachen sind jetzt so allgemein bekannt, dass man kaum begreift, wie gar langsam es mit ihrer Entdeckung von statten ging — Hippocrates

machte noch keinen Unterschied zwischen Arterien und Venen, sondern nannte beide diese Gefässe *φλεβες*, während das Wort Arterie, mit welchem wir die Schlagadern bezeichnen, von ihm für die Luftröhre gebraucht wurde. Aristoteles unterschied, wenn anders die Schrift über den Athem wirklich von ihm ist, die beiderartigen Blutgefässe, indem er sagt: „jede Arterie ist von einer Vene begleitet, die erstere aber nur mit Luft gefüllt.“ Letztere Ansicht hielt lange nach auf den Grund, dass man in Leichen die Arterien gewöhnlich leer findet; man meinte, die Herzhöhlen stehen mit einander in Verbindung, und die Venen seien es, welche das Blut durch den Körper führten. Erst Galen behauptete, dass die Arterien Blut führen, obschon er den Wahn festhielt, dass sie Luft einnehmen, um das Blut abzukühlen. In der ersten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts bewies Andreas Vesalius, dass zwischen den beiden Herzhälften keine Verbindung bestehe, zog sich aber als wissenschaftlicher Reformator viel Hass und Verfolgung zu, indem seine Feinde ihm unter dem Vorwand, er habe einen noch lebenden Menschen secirt, die Inquisition auf den Leib hetzten. Zunächst entdeckte der arme Michael Servet, den Calvin als Ketzter verbrennen liess, dass das Blut von der rechten Herzseite aus nach der Lunge und von da durch die Lungenvenen nach der linken Kammer ströme. Sein Buch „*Christianismi restitutio*,“ in welchem er diese vielleicht nur inductiv geschöpfte Ansicht veröffentlichte, wurde verbrannt, und so viel man weiss, entgingen nur zwei Exemplare davon den Flammen; der Thatbestand trat daher erst durch die Forschungen von Realdo Colombo und Andreas Cäsalpin, welcher zuerst sich des Ausdrucks „*Circulation*“ bediente, aufs neue ans Licht. Dem unsterblichen William Harvey blieb es vorbehalten, den Beweis für den Blutkreislauf zu finden; doch zögerte er aus Furcht vor den Anfeindungen seiner Zeitgenossen neun Jahre lang, bis er 1628 seine Entdeckung in der Schrift „*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis*“ der Oeffentlichkeit preisgab. Er führte dabei als Gründe an, dass beim Aderlass die Vene unter der Ligatur anschwellt und das ausfliessende Blut von der Seite herkomme, die vom Herzen aus die entferntere sei; das gerade Gegentheil aber finde bei der Arterie statt. Hiemit brachte er in Einklang die Richtung der Herz- und Venenklappen, deren Struktur er in Padua unter seinem Lehrer Fabricius studirt hatte. Die wirkliche Beobachtung des Bluts in den Capillaren (durch Malpighi 1661) vervollständigte den Beweis, für den Descartes und einige andere inzwischen den Kampf aufgenommen hatten, um die Entdeckung des grossen Meisters gegen die Beschränktheit des Zunftzopfes zu vertheidigen. — Wir gliedern unsere Betrachtung nach den bei dem Kreislauf thätigen Organen.

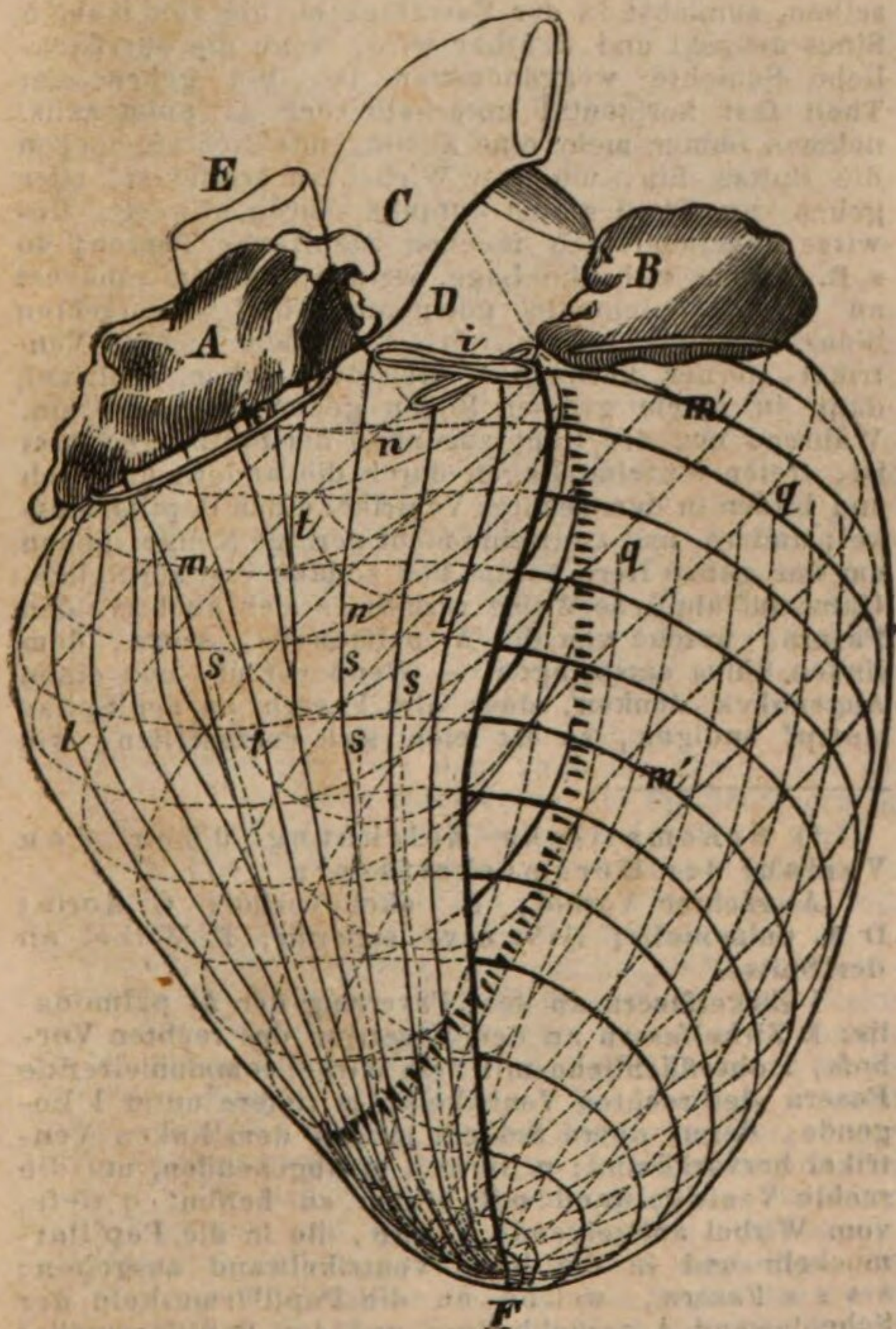
1. Das Herz.

Wenn auch zu einer Einheit zusammengefügt, besteht es doch seinem Wesen nach aus einem doppelten Organe, je aus einem Vorhof und einer Kammer gebildet, von denen das nach rechts gelegene die Beförderung des verbrauchten Bluts nach den Lungen besorgt, die linke Abtheilung das durch die Athmung gesäuerte Blut aufnimmt und nach den verschiedenen Partien und Organen des Körpers aussendet. Das Herz ist hauptsächlich aus Muskelfasern zusammengesetzt, die in Beziehung auf Bau (Streifung), Farbe und sehnige Anheftung sich wie die der willkürlichen Muskel verhalten, von letzteren aber doch gewisse Abweichungen wahrnehmen lassen; sie sind nämlich viel feiner, so fein, dass ihr Myolemm erst in neuerer Zeit an fettig entarteten Herzen zur Anschauung gebracht werden konnte; auch zeigen sie eine Verwebung, gabelige Spaltung und Anastomosen, liegen nicht in derselben Ebene, sondern verfolgen eine spiralige Richtung.

Der Verlauf dieser Fasern ist für das Verständniss der Herzbewegungen von grossem Interesse, und ich gebe in folgendem das Resultat von Budges Untersuchungen, wie er es an Herzen gefunden hat, die er so weit kochte, dass die Vorhöfe und die Arterienanfänge noch mit den Kammern zusammenhingen, jedoch mittelst der Finger leicht abgehoben werden konnten. Der gedachte Autor sagt: „Vorkammern oder Kammern sind nicht durch Muskelfasern mit einander verbunden; ohne alle Zerreissung lassen sich beide von einander trennen. An der Grenze beider, an welcher die Annuli fibrocartilaginei liegen, sowie am Anfang der Arterien und endlich in den Herzhöhlen, wo die Papillarmuskeln mit den sehnigen Fäden der Klappen sich verbinden, finden sich die Anfangs- und Ausgangspunkte der zahlreichen Muskelfasern. Ob die einzelnen Muskelfasern an den Mündungen vollständige Kreise bilden, ist noch unermittelt. — An den von Vorhöfen und Arterienanfängen befreiten Kammern sieht man drei durch Muskelmasse geschiedene Oeffnungen, von denen zwei der rechten Kammer für die A. pulmonalis und das Ostium atrioventriculare dextrum, eine der linken Kammer angehören. Die letztere Oeffnung zeichnet sich an ihrer Innenwand durch eine Bucht aus, in welcher der Aortenanfang liegt, während die A. pulmonalis von der linken Oeffnung durch eine ziemlich breite Muskelbrücke geschieden ist. Die Atrioventrikularklappen der rechten Seite haben daher mit der Arterie nichts gemein, während ein Theil der Mitralklappen an die Aussenwand der Aorta sich anheftet. — Betrachtet man nun zuerst die rechte Herzhälfte, während die linke nach unten, die Spitze gegen den Beobachter gekehrt ist, so sieht man Fasern in der Mitte sehr steil und von beiden Seiten rechts und links nach der Längenachse hin verlaufen. Diese Fasern sehe ich als einen Bündel derjenigen an, welche von der Spitze kommen, nach der Basis gerichtet sind und grösstentheils an

der freien Wandung des Annulus fibrocartilagineus dexter, aber auch an die Pulmonararterie sich ansetzen. Diese dünne Faserschichte muss weggenommen werden, um die Hauptanfänge der Fasern zu sehen. Blickt man sodann auf die linke Herzfläche, so dass diese nach oben, die rechte nach unten und die Spitze wieder dem Beobachter zugerichtet ist, so zeigen die Fasern eine von der Pulmonararterie aus nach rechts gehende Richtung. Einzelne steigen jedoch steiler abwärts. Diese auf dem linken Herzen sichtbaren Fasern gehören demselben System an, welches man wahrnimmt, nachdem die obere Schichte der rechten Hälfte abgetragen ist. Dieses ganze Fasersystem hat nämlich einen solchen Verlauf, dass alle

Fig. 10.



sechs Anhaltspunkte mit einander in Verbindung gebracht werden, nämlich die Faserringe an den veno-

sen Ostien und die Spitzen der Papillarmuskel. Diese verbindenden Fasern laufen alle in Bogen, wie es in der schematischen Fig. 10 *) angedeutet ist. Diese Ansatzpunkte werden aber nicht allein gegenseitig mit einander durch Fasern verbunden, sondern auch Theile eines jeden Ansatzpunktes mit andern Theilen desselben. So gehen z. B. um den rechten Sinus A, die A. pulmonalis D u. s. w. ringförmige Fasern; ferner kehren andere, welche z. B. von dem rechten Sinus oder einem andern Ansatzpunkt ausgegangen sind, wieder zu demselben zurück. Dies geschieht auf grössern oder kleineren Umwegen. Die überwiegende Mehrzahl der Fasern zieht gegen die Spitze hin und wendet dann wieder um. Hiedurch bilden sich Achtertouren, und an der Spitze entsteht ein Wirbel. Aus dieser Anlage folgt nothwendig, dass sich viele Faserzüge kreuzen müssen. Folgen wir einigen derselben, zunächst in der Faserlage m, die vom rechten Sinus ausgeht und sichtbar wird, wenn die oberflächliche Schichte weggenommen ist. Sie gehen zum Theil fast horizontal unterhalb der A. pulmonalis, nehmen immer mehr eine absteigende Richtung gegen die Spitze hin, um den Wirbel zu erreichen, oder gehen zum Theil gleich anfangs schräg abwärts. Gewisse Faserschichten machen mehrfache Touren; so z. B. wendet sich eine Lage, welche von dem zunächst an der A. pulmonalis gelegenen Theil des rechten Sinus ausgeht, erst abwärts nach dem rechten Ventrikel, ferner horizontal nach dem linken Ventrikel, dann in einem grossen Bogen gegen die Spitze hin. Während nun der Hauptzug nach der Spitze gerichtet ist, treten einzelne Lagen durch die andern hindurch und bilden in dem rechten Ventrikel einen Papillarmuskel; andere, und zwar eine nicht geringe Menge, gehen um das ganze Herz herum und sodann erst zur Spitze. Ganz auf ähnliche Weise verhält es sich auch mit den Fasern, welche von der A. pulmonalis, Aorta, dem linken Sinus entspringen. — Wenn wir uns nun einen Augenblick denken, dass alle Fasern an der Spitze stumpf endigen, so ist leicht sich vorzustellen, wie

*) Schematische Zeichnung über den Verlauf der Herzmuskelfasern.

A rechter Vorhof; B linker Vorhof; C Aorta; D A. pulmonalis; E V. cava superior; F Wirbel an der Spitze.

i Zirkelfasern an dem Faserring der A. pulmonalis; k Zirkelfasern an dem Faserring des rechten Vorhofs; l oberflächliche mit dem Wirbel communicirende Fasern des rechten Ventrikels; m tiefere unter l liegende, deren obere Schicht m' auf dem linken Ventrikel hervorkömmt; n die von m abgehenden, um die rechte Ventrikelwand mit bilden zu helfen; q tiefe, vom Wirbel aufsteigende Fasern, die in die Papillarmuskeln und in die linke Ventrikelwand ausgehen; s s s s Fasern, welche an die Papillarmuskeln der Scheidewand A zurückkehren und den Papillarmuskel rechts bilden helfen. Die aus gebrochenen Querstrichen bestehende Curve deutet das Septum an.

eine Höhle auf diese Weise gebildet wird, und man könnte sich eine rohe Anschauung davon verschaffen, wenn man einen Hohlkegel mit Fäden umlegte, welche an der Basis begännen und zum grössten Theil an der Spitze endigten, indem sie entweder sogleich abwärts steigen, oder zuvor vielfach den Kegel umgeben und zu einem kleineren Theil in das Innere des Kegels eindringen, um zapfenförmig (Papillarmuskel der rechten Seitenwand) zu endigen. Jedoch hören die Fasern nicht an der Spitze auf, sondern laufen wieder gegen die Basis hin und endigen hier in verschiedener Weise. — Es lassen sich fünf solche Spitzenendigungen nachweisen, welche alle selbstverständlich longitudinale Faserschichten ausmachen. Eine bildet die innerste Lage der Rückenwand des rechten Ventrikels, indem sie theils in den Papillarmuskel, theils in den Faserring des A. pulmonalis ausläuft. Eine zweite bildet die Fläche des Septum, welche dem rechten Ventrikel angehört, und geht in die beiden Papillarmuskel über. Eine dritte gehört dem Septum des linken Ventrikels an und erreicht ihr Ende an dem Faserring der Aorta. Eine vierte bildet hauptsächlich die beiden grossen Papillarmuskel der Seitenwand des linken Ventrikels. Eine fünfte endlich ist die oben-erwähnte Schicht der Längsfasern, welche auf der Oberfläche des rechten Ventrikels erscheinen. Bei genauerer Durchmusterung unserer Figur wird man sich über den Fasernverlauf eine richtige Ansicht verschaffen. Dieselbe ist so gehalten, als ob man die verdeckten (punktirten) Fasern durchsehen könnte. — Durch die angegebene Art des Fasernverlaufs wird es klar, dass sich nicht nur beide Kammern gleichzeitig zusammenziehen müssen, sondern dass fast an jedem Ventrikeltheil Fasern verlaufen, welche allen Ursprungsstellen angehören. So z. B. wird die Wandung, welche den rechten Ventrikel deckt, aus Fasern gebildet, welche sowohl von den beiden faserknorpeligen Ringen, als auch von den Arterienanfängen entspringen. Wenn sich ferner die Fasern verkürzen, welche an dem Basaltheile der Ventrikel liegen, so kann es nicht anders sein, als dass auch die Spitze sich verkürzt und der Basis nähert, da die Spitzenfasern nur die Verlängerungen der Fasern an der Basis sind.“

Zur Erleichterung seiner Bewegungen steckt das Herz in einem serösen Sack, dem Pericardium, während es zur Erleichterung der Blutbewegung in seinem Innern von einer feinen, mit einschichtigem Pflasterepithel versehenen Membran, dem Endocardium, ausgekleidet ist. Die Ernährungsgefässe sind die zwei Kranzarterien, deren Blut durch eine einzige Kranzvene in den rechten Vorhof zurückkehrt. Die Nerven kommen von den drei Cervicalganglien des Sympathicus, vom Pneumogastricus und Recurrens laryngealis und vielleicht auch von den phrenischen Nerven. Sie bilden einen grossen und viele kleine Plexusse, welche sich schliesslich um die Kranzarterien her vertheilen. Das Wrisberg'sche Ganglion liegt in dem Bogen der Aorta; auch hat Remak namentlich beim Kalb und beim Frosch, zwischen den Ventrikeln und im Muskelgewebe viele Ganglien entdeckt. Diejenige, welche Lee als an der

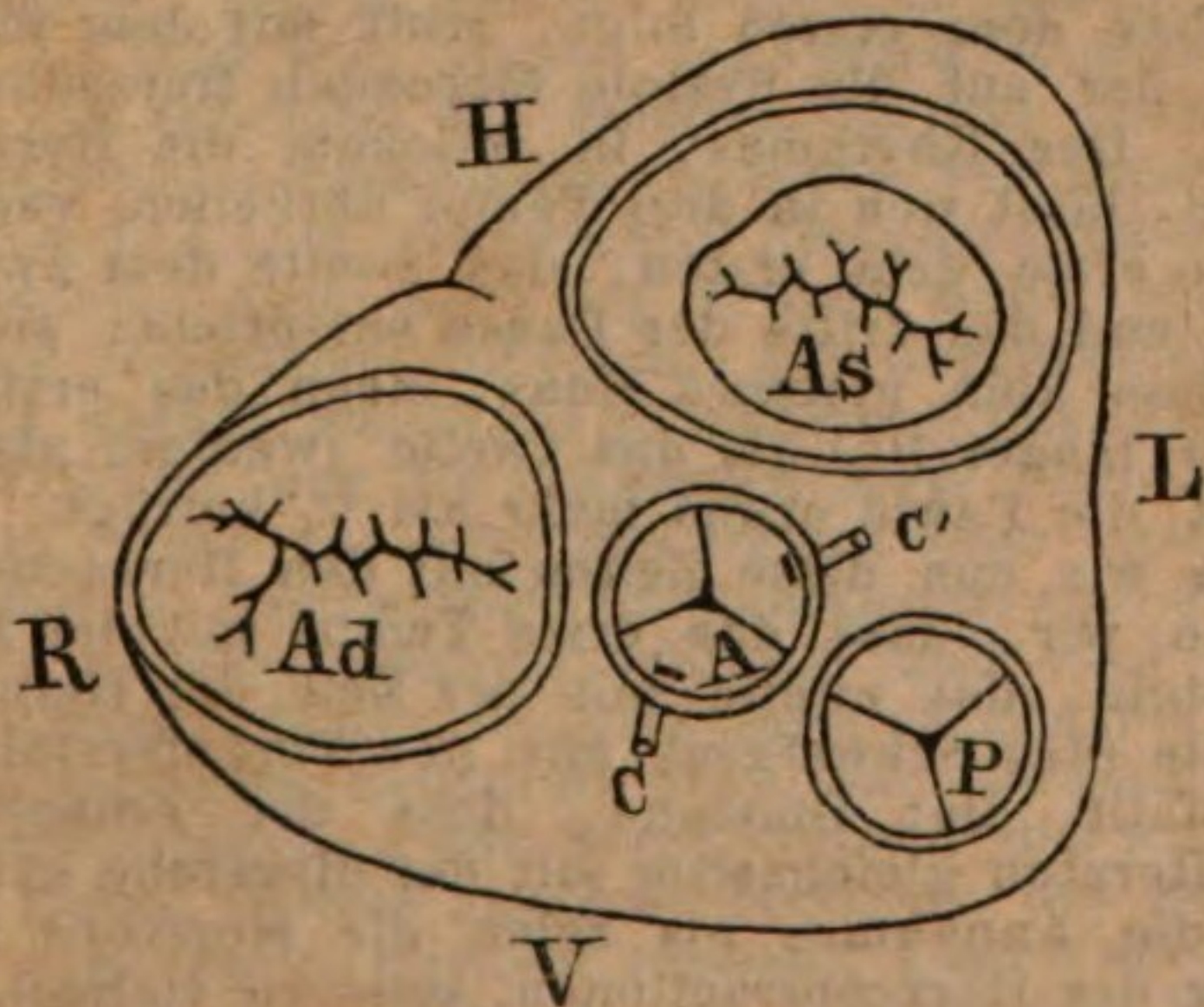
Oberfläche der Ventrikel befindlich beschrieb, hält Köl liker für blosse Verdickungen des Nev rilemms.

Die Herzthätigkeit wird sich am besten begreifen lassen, wenn wir dem Lauf des Blutes folgen und dabei in Rechnung nehmen, dass die Contraction und die Erschlaffung in beiden Herzhälften gleichzeitig von statten geht. Wenn der rechte Vorhof im Lauf eines kurzen Zeittheils sich aus den beiden Hohl adern und der Kranzvene gefüllt hat, zieht er sich plötzlich und zwar mit einer Art peristaltischen Bewegung (Vorhofsystole) zusammen, die bei den venösen Einmündungen beginnt und sich in der Richtung der atrioventricularen Oeffnung fortsetzt, so dass sie in derselben Weise das Blut vor sich hertreibt, wie die Speiseröhre oder der Darm den Nährbissen weiter befördert. Dazu kommt noch, dass die Muskelfasern der Vorhofwand, welche die venösen Einmündungen umgeben, geeignet sind, diese zu verengern und zu verschliessen. Wollte man annehmen, dass diese Contractionsweise nicht genüge, um die Rückkehr des Bluts in die Venen zu hindern, so haben wir ein weiteres Hemmungsmittel in dem Umstand, dass die Blutsäule, welche von den Venen unablässig dem Vorhof zugeführt wird, in einer contriptalen Richtung begriffen ist und daher der centrifugalen eines Rückflusses entgegen wirkt. Das Blut wird dadurch gezwungen, in die rechte Kammer, welche sich während der Vorhoffüllung in einem Moment der Ruhe befunden und nun sich ausdehnt (Ventrikeldiastole), hineinzustürzen. Sollte eine Blutwelle rückwärts nach den grossen Venen entweichen, so wird dadurch der sogenannte Venenpuls bewirkt. Wo dieser so bedeutend hervortritt, dass man ihn bei der Ventricularsystole an den Halsvenen deutlich wahrnimmt, so ist der Beweis einer pathologischen Klappeninsufficienz gegeben, welche stärkere Blutwellen zurücktreten lässt. Der Venenpuls erstreckt sich nicht weit; bei der Dehnbarkeit der Venenwände kann eine zurückgeworfene Blutwelle nur die dem Herzen zunächst gelegenen Partieen influenziren. — Hat sich die rechte Herzkammer gefüllt (ein Moment, in welchem sich die Klappen der Pulmonalarterie geschlossen verhalten), so zieht sie sich zusammen (Ventrikelsystole) und treibt das Blut unter Zurückdrängung der einer vis a tergo nicht widerstehenden Klappen in die Lungenarterie, da der Rückfluss nach dem Vorhof durch die dreizipflige Klappe gehindert wird; diese schliesst sich nämlich unter dem Druck des nach dem Vorhof hin gedrängten Bluts und, wie Haller an einem lebenden Thier beobachtete, unter Verkürzung der Warzenmuskel, die sonach nicht, wie manche glauben, bloss den Zweck haben, das Zurückwerfen der Klappen in den Vorhof zu hindern. Allerdings bemerkte Hunter, dass die Klappen in der rechten Herzhälfte ihren Dienst nicht so gut verrichten, wie die in der linken, und King hat gezeigt, dass die vordere Wand, wenn sie vorwärts geschoben wird, den vorderen und rechten Klappenzipfel nachzieht und ein Regurgitiren zulässt; doch wird jede ungebührliche Trennung durch ein moderirendes Band gehindert, das von der Vorderwand gegen

das Septum hinläuft. Ohne diese hydraulische Unvollkommenheit stünde bei der Dünne der Wand eine Ruptur zu besorgen, die an dieser Stelle nie vorkommt, während eine übermässige Ausdehnung dieser Herzhöhle zur Lähmung führen könnte. Ist die Blutsäule in die Lungenarterie geworfen, so tritt für die Ventrikel ein Moment der Ruhe ein; die von der Blutwelle ausgedehnte Arterie aber zieht sich vermöge ihrer Elasticität zusammen und drückt auf ihren Inhalt, so dass dieser nach vorn und rückwärts zu entweichen sucht und unter dem letzteren Bestreben die mit ihren concaven Flächen ihm zugekehrten halbmondförmigen Klappen wieder zum Verschluss bringt. Wir sind nun bei dem Moment angelangt, von dem wir ausgingen; denn mit dem Verschluss der Pulmonararterie beginnt aufs neue der Eintritt des Bluts in den Vorhof (Atrium-diastole).

Nach der Oxydation in den Lungen kehrt das Blut in vier ohne Klappen eintretenden Venen nach dem linken Vorhof zurück, und nun beginnt gleichzeitig ganz dasselbe Spiel, wie wir es eben beschrieben haben, in der linken Herzhälfte; nur ist der Atrio-ventrikularklappenapparat so fest, dass kein Regurgitiren stattfinden kann, desshalb aber auch hin und wieder Ruptur dieser Herzhöhle in der Nähe der Spitze vorkommt. Ueberhaupt ist hier alles viel derber und kräftiger, fast um das dreifache derber und kräftiger angelegt, da die Blutbahn durch den ganzen Körper und zurück, die unter dem Impetus des linken Herzens bewältigt werden soll, eine viel grössere ist, als die nach den Lungen hin und wieder zum Herzen. Die Aranzischen Knötchen an den gleichfalls halbmondförmigen Aortenklappen dienen dazu, das Anlegen der Klappenwände an die Aortenwand zu hindern, vielleicht auch den Verschluss recht vollständig zu machen. Figur 11 gibt die vier grossen Klappen des Herzens

Fig. 11.



schematisch in geschlossenem Zustande. (V vorn, H hinten, R rechts, L links, A Aorta, P A. pulmonalis, Ad Atrium dextrum, As Atrium sinistrum.)

Die Vorhofsystole vollbringt sich rasch und braucht

bloss ein Achtel der Zeit der Diastole, die Ventrikelsystole dagegen geschieht allmählig, da sie einen grösseren Widerstand zu überwinden hat. Die Diastole ist in den Ventrikeln sowohl, als in den Vorhöfen langsam und ein Akt des Erschlaffens der Muskelfasern, nicht aber eine aktive Erweiterung der Herzhöhlen, denn ein hohler Muskel, der seinen inneren Raum durch Zusammenziehung verkleinert, kann ihn nicht aus eigener Kraft auch erweitern. (Gleichwohl will Cruveilhier entschieden eine solche wahrgenommen haben, und auch Spring behauptet eine aktive Erweiterung des Herzkanals, die durch die Contraction der Längsfasern herbeigeführt werden soll, während die Contraction der transversalen Fasern die Verengung zu Wege bringe.) Daher verwirft sich die Annahme, das Herz sei ein Saugaparat, welcher das Venenblut durch Bildung eines luftleeren Raums an sich ziehe, von selbst.

Die Thätigkeit des Herzens wird von Tönen begleitet, welche für die Diagnose von Herzkrankheiten von Bedeutung sind und von dem Beobachter, in manchen Fällen von dem Individuum selbst, wahrgenommen werden können. So vermochte J. Müller, wenn er auf der linken Seite lag, deutlich seine eigenen Herztöne zu unterscheiden. Es sind ihrer zwei, die fast ohne Zwischenraum aufeinander folgen; dann kommt ein Intervall des Schweigens, dann wieder die zwei Töne u. s. w. Der erste Ton ist dumpf, tief, gedehnt, der zweite höher, kürzer, schnell anschlagend. Man kann sie mehr oder weniger deutlich über die ganze Herzgegend vernehmen, doch hat jeder an einer anderen Stelle sein Intensitätsmaximum, so der erste im fünften Intercostalraum ein wenig unter und hinter der Brustwarze, der zweite im dritten Intercostalraum unfern vom linken Brustbeinrand. Man kann sich durch Vivisection überzeugen, dass der erste Ton mit der Ventrikelsystole zusammenfällt und gerade so lange dauert, wie sie; der zweite, welcher unmittelbar dem ersten folgt, trifft mit dem kurzen Moment der auf die Systole folgenden Herzruhe zusammen. Der Rhythmus, in welchem die Herztöne auftreten, lässt sich in drei Tempi abtheilen, von denen das erste dem ersten, das zweite dem zweiten Herzton und das dritte der Pause entspricht; sie haben indess kein gleiches Maas, denn das erste ist merklich länger ($\frac{1}{2}$) als das zweite (weniger als $\frac{1}{4}$), während die Pause etwas mehr als $\frac{1}{4}$ beträgt. Vergleichen wir nun diese Zeiten mit den Herzactionen, so finden wir, dass das erste Tempo mit der Kammernsystole, das zweite mit der Zeit der Herzruhe, das dritte (das Schweigen) mit der Vorhofsystole zusammenfällt. Der Umstand, dass der schnellende zweite Herzton gleichzeitig mit der Herzruhe auftritt, macht die Annahme, als seien die Herztöne nicht Wirkung der Herzcontractionen, sondern vielmehr die des Klappenspiels sehr wahrscheinlich; denn im Moment der Kammernruhe treiben die in die grossen Blutgefässe eingetretenen Blutwellen unter dem Druck der sich zusammenziehenden elastischen Gefässröhren die halbmondförmigen Klappen zurück und schliessen

damit die Mündungen. Dass dieser Klappenschluss die Ursache des zweiten Herztones ist, lässt sich an lebenden Thieren und sogar an Leichen beweisen. Im letztern Fall erfolgt der Ton, sobald eine Flüssigkeit, die man in die Brustaorta einspritzt, auf die Herzklappen wirkt, im ersteren hebt man den Ton auf, wenn man die arteriellen Klappen mit Angeln an den arteriellen Wandungen befestigt, und stellt ihn wieder her, sobald man die Haken wieder entfernt. Aus dieser Analogie, aus dem Umstand, dass zusammenziehende Muskel keine so entschiedene Geräusche von sich zu geben pflegen, und aus der Thatsache, dass in Röhren laufende und dieselben ausfüllende Flüssigkeiten nur dann deutliche Reibungstöne unterscheiden lassen, wenn ihr Strom auf Hindernisse trifft, kann man den Schluss ziehen, dass der erste Herzton von der Reibung des Bluts an den Zipfelklappen herrühre, welche während der Contraction der Kammern durch das gegen den Vorhof hin zurückweichende Blut aufgerichtet werden. Er ist dumpf, weil die Zipfelklappen an tiefliegende Ringe befestigt und nach allen Seiten hin von dicken fleischigen Wänden umgeben sind, der zweite heller, weil die halbmondförmigen Klappen an den freien Arterienwandungen sitzen. Der erste Ton wird in seiner höchsten Intensität tiefer und mehr nach aussen gehört, weil die Zipfelklappen sich in der Richtung der Herzachse verlängern und im Innern des Herzens einen Trichter bilden, während das Intensitätsmaximum des zweiten weiter nach oben und innen fällt, wo sich die Klappen der Aorta und Lungenarterien befinden.

Diese beiden Töne sind die normalen; im pathologischen Zustand erleiden sie bisweilen Modificationen oder treten wohl auch andere Geräusche auf. Bei Ergüssen in das Pericardium klingen die Herztöne unbestimmter und scheinen entfernter zu sein, obschon ihre Charaktere noch immer unterscheidbar bleiben. Bilden sich in der exsudirten Flüssigkeit Faserstoffgerinnsel, gegen welche erstere in den Hintergrund tritt, so hört man oft bei der Ventrikelcontraction ein von der Reibung des Herzens an der rauhen Herzbeutelwand herrührendes Geräusch von veränderlicher Intensität, das sogenannte Neuleder- oder Raspelgeräusch. Aber auch im Herzen selbst können abnorme Geräusche auftreten. Im physiologischen Zustand werden durch die gleichzeitige Thätigkeit beider Herzhälften nur die bekannten zwei Töne hervorgerufen. Wenn nun aber aus irgend einer Ursache (Zerstörungen, regelwidrige Auflagerungen) eine der Zipfelklappen nicht gehörig schliesst und eine Blutwelle regurgitiren lässt, so wird man zu gleicher Zeit mit dem normalen Geräusch auch ein schwächeres vernehmen, das man das Blasegeräusch des ersten Tempos nennt. Dieses abnorme Geräusch, das gleichzeitig mit dem ersten Herzton entsteht, dauert etwas länger als dieses, so dass es mit dem zweiten Herzton in Verbindung kömmt, denn die Blutwelle braucht eine gewisse Zeit, um durch die nicht ganz geschlossene Klappe wieder zurückzukehren. Es ist Aufgabe des Stethoscops, zu ermitteln, ob das abnorme Geräusch

im rechten oder linken Herzen vor sich geht. Wo beide Zipfelklappen sich insufficient erweisen, erleidet der ganze erste Herzton eine Modification, welche nach der Ausdehnung der Störung die Beobachtung complicirt macht. — Das Blasegeräusch des zweiten Tempos beruht auf einer Insufficienz der halbmondförmigen Klappen, welche bei der Kammerdiastole eine Blutwelle in den Ventrikel zurücktreten lassen, und ist gleichfalls verlängert, auch jetzt um so deutlicher wahrnehmbar um der freieren Lage des Organs willen und weil es in das Tempo des Schweigens hineingreift. Sind sowohl an der Aorta, als an der Lungenarterie die Klappen schadhaft, so kann unter dem Blasengeräusch der ganze zweite Herzton untergehen.

Der Herzstoss, Herzschlag oder Herzpuls ist jener Impuls, welchen eine aufgelegte Hand zwischen der fünften und siebenten Rippe ungefähr anderthalb Zoll unter der linken Brustwarze fühlt. Es findet dabei ein Anprall des unteren Herzdrittels gegen die Brustwand in Folge einer Hebung statt, die man bei geöffneter Brusthöhle und sogar an herausgeschnittenen Herzen sehen kann. Hunter wollte diese Erscheinung aus dem Einströmen der Blutwelle in den Aortenbogen erklären, den sie zu strecken versuche; weil aber dieser nicht nachgebe, so müsse das freiere Herz in Folge des Rückpralls die fragliche Bewegung machen. Da indess der Herzstoss auch am ausgeschnittenen Herzen bemerkt wird, so ist der Grund anderswo zu suchen. Budge erklärt die Erscheinung, welche mit der Kammernsystole zusammenfällt, aus der Contraction der Ventrikelfasern, welche sich insgesamt in der Richtung gegen das Septum und nach oben gegen die Arterien hin zusammenziehen, so dass bei jeder Systole unter Verkürzung des Ventrikels in die Länge und Breite ein Kamm entsteht, welcher sich über das Niveau der ruhenden Kammer erhebt. Die Stelle, an welcher der Herzstoss am stärksten gefühlt wird, liegt höher als die Herzzpitze; doch findet auch bei dieser während der Kammersystole ein Aufrichten und eine von links nach rechts gehende Drehung des Herzens statt, so dass bei jeder Systole der linke Ventrikel stärker sichtbar wird. Bei der Diastole kehrt das Herz in die frühere Lage zurück. Die Drehung, die von der Basis der Ventrikel ausgeht und an der Herzspitze ihre höchste Höhe erreicht, hat ihren Grund in dem Umstand, dass die um die atrio-ventriculären und arteriösen Mündungen herliegenden Fleischfasern im Augenblick der Zusammenziehung ihren Fixirungspunkt an den fibrösen Gürteln suchen, welche ringartig diese Oeffnungen umgeben. Nun aber sind die Muskelflächen, welche beide Kammern mit einander gemein haben, schräg gegen die Vorder- und Hinterseite des Herzens ausgespannt; die vordern Fasern gehen von den Aorten- und Atrioventricularringen aus und laufen von rechts nach links, die hintere nehmen denselben Ursprung und gehen von links nach rechts. Ihre vom gleichen Anhaltspunkt ausgehende Thätigkeit bewirkt neben der Herzspitzerhebung die fragliche Achsendrehung, die sich mit

Ausschluss der Vorhöfe nur auf den Herzkegel beschränkt.

Der Rhythmus oder die regelmässige Aufeinanderfolge der Herzbewegungen ist eine der interessantesten Eigenthümlichkeiten dieses Organs und scheint von der gehörigen Blut- und Sauerstoffzufuhr, überhaupt von den allgemeinen Grundbedingungen der Ernährung und des Stoffwechsels abzuhängen, obschon man bei dieser Annahme postuliren muss, dass die gedachten Bedingungen hier nicht direct mit dem Tod zu wirken aufhören, sofern das Herz auch dann noch eine Weile fort pulsirt, ja selbst das ausgeschnittene, blutleere Herz fortfährt, sich im normalen Rhythmus zu bewegen. Bei kaltblütigen Thieren und im Winterschlaf hält diese Eigenschaft viel länger an, als bei wachen Warmblütern, beim Frosch z. B. stundenlang, beim Menschen, wie man an Hingerichteten wahrgenommen, einige Minuten. Die Bewegungen werden aber bald seltener und schwächer, die Diastolezeiten nehmen zu, die Systolen sind in den Vorhöfen zahlreicher als in den Kammern, die Gleichzeitigkeit der Systolen des linken und rechten Herzens wird gestört, die Contractionen erfolgen bloss noch in einzelnen Muskelbündeln des Herzabschnittes, zuletzt bewegen sich nur noch die Vorhöfe, namentlich der rechte, weshalb man ihn auch das ultimum moriens genannt hat. Doch kann die erlöschende, ja selbst die erloschene Herzthätigkeit durch mechanische oder chemische Reize theilweise wieder angeregt werden, die des ausgeschnittenen Froschherzens z. B. durch Eintauchen in Blut, durch höhere Wärme, Einwirken von Sauerstoff, Electricität, während es unter der Luftpumpe, in Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas bald zu schlagen aufhört. Da die rhythmischen Bewegungen selbst an dem ausgeschnittenen Organ vorsichgehen, so muss das wichtigste Vermittlungsmoment dafür im Herzen selbst gesucht werden. Es ist jedoch nicht jeder Abschnitt des Herzens fähig, für sich und unabhängig vom ganzen in rhythmische Contractionen und Erschlaffungen zu gerathen, und die Versuche ergeben gewisse Lokalitäten als nervöse Bewegungcentra, die auch abgetrennt fort pulsiren, während andere Herztheile nach der Ablösung in Stillstand verfallen. Schneidet man z. B. dem Froschherzen die Spitze ab, so pulsirt die Kammerbasis fort, die Spitze aber steht stille, obschon sie nach directer momentaner Reizung sich noch einmal contrahirt. Ein Schnitt, durch die Grenze der Kammer und der Vorhöfe geführt, lässt letztere ungestört fort pulsiren, während die Kammer viel seltener schlägt oder anhaltend erschlaft bleibt; doch bewirken an letzterer örtliche Reize eine Anzahl rhythmischer Contractionen. Unterbindet man die Einmündung des Hohlvenensinus in den rechten Vorhof, so stehen Kammern und Vorhof längere Zeit diastolisch stille, während der Sinus fort pulsirt. Diese Versuche zeigen, dass die einzelnen Abschnitte des Herzens an Selbstständigkeit ihrer rhythmischen Bewegungen in der Richtung gegen die Venen hin gewinnen; ähnlich verhält sich auch deren Reizbarkeit. Man hält die microscopischen

Ganglien, die durch Geflechte mit einander zusammenhängen und sich namentlich in der Scheidewand der Vorhöfe, der Vorhofkammergrenze, der Hinterwand der Kammer und im Hohlvenensinus befinden, für die Centralapparate der Herzbewegungen, und da die Contractionen vom Venensinus abwärts sich verbreiten, so ist es wahrscheinlich, dass wenigstens der normale Rhythmus der spontanen Herzbewegungen immer vom Sinus aus angeregt werde (Vierordt). Freilich ist hiemit die Ursache der rhythmischen Herzbewegung noch nicht erklärt, sofern aller Analogie zufolge jede Thätigkeit im Nervensystem, die zur Muskelbewegung Anlass gibt, nicht ohne Weiteres auftritt, sondern erst angeregt werden muss. Man hat deshalb das Blut, respective die darin enthaltenen Gase (bald den Sauerstoff, bald die Kohlensäure) für den entsprechenden Stimulus gehalten, um so mehr, als Versuche auf die Annahme hinweisen, dass die innere Herzfläche der Angriffspunkt der Erregung sei. Bringt man nämlich mit Henry Opium oder Brechnussextract auf die innere Herzfläche, so hört das Herz schon nach wenigen Secunden für immer zu schlagen auf; eine Application derselben Gifte auf die äussere Herzfläche bleibt lange ohne Einfluss auf die rhythmischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens. Daraus dürfte hervorgehen, dass nach Ertödtung der Herznerven, die sich auf der innern Fläche verbreiten, der Antrieb zur spontanen Herzbewegung nicht mehr wirken könne. Allerdings ist hiemit die Frage noch nicht erledigt, und es bleiben noch manche Bedenken zu heben, die uns zur Zeit um so mehr auf ein „es scheint“ anweisen, als die Lösung oft in der entgegengesetztesten Weise angestrebt worden ist. — Wenn indess das Herz auch seine eigenen rhythmischen Nerven hat, so wird doch die Energie und Frequenz der Herzbewegungen von dem Cerebrospinalsystem und vom Sympathicus in hohem Grad beeinflusst, wie man aus der Wirkung erregender oder niederschlagender Affecte, dem Einfluss des Blutdrucks aufs Gehirn bei Apoplexie, bei starken Erschütterungen des Rücken- und des verlängerten Markes u. s. w. sieht. Freilich hält es schwer, den einzelnen Nerven (cfr. S. 67) ihre richtige Verwerthung zu geben. E. Weber hält den N. pneumogastricus für einen Hemmungsnerven, weil bei stärkerer Reizung desselben die Herzbewegungen zeitweilig sistiren, bei Durchschneidung aber übermässig frequent werden. Die hemmende Wirkung macht sich jedoch nicht unter allen Umständen, sondern nur bei einer gewissen Intensität des Reizes geltend und soll dem Pneumogastricus als solchem nicht einmal zukommen, sofern schon Waller die Vagusfasern des Herzens ausschliesslich vom N. accessorius ableitete. Budge bekämpft diese Idee, welche eine ständige tetanische Ueberreizung in sich schliesse, mit aller Entschiedenheit; man kann sich von einer solchen allerdings keine rechte Vorstellung machen und wird durch die Erscheinungen um so weniger zu ihrer Annahme gezwungen, da schwache Reizung des Hals-sympathicus gleichfalls die Pulsfrequenz steigert, starke aber sie mindert oder vorübergehend unterdrückt.

In Müllers Archiv ist ein Fall verzeichnet, in welchem der Druck einer vergrösserten Bronchialdrüse auf den N. cardiacus magnus und vagus linkerseits Intermissionen von vier bis sechs Herzschlägen hinter einander neben völliger Sprach- und Bewegungsunfähigkeit bei Integrität des Bewusstseins bewirkte. Aus dem von Cheyne bekannt gemachten Beispiel des Obersten Townsend, welcher Athem und Herzschlag anzuhalten vermochte, geht hervor, dass unter Umständen der Wille Einfluss hat auf die Herzbewegungen.

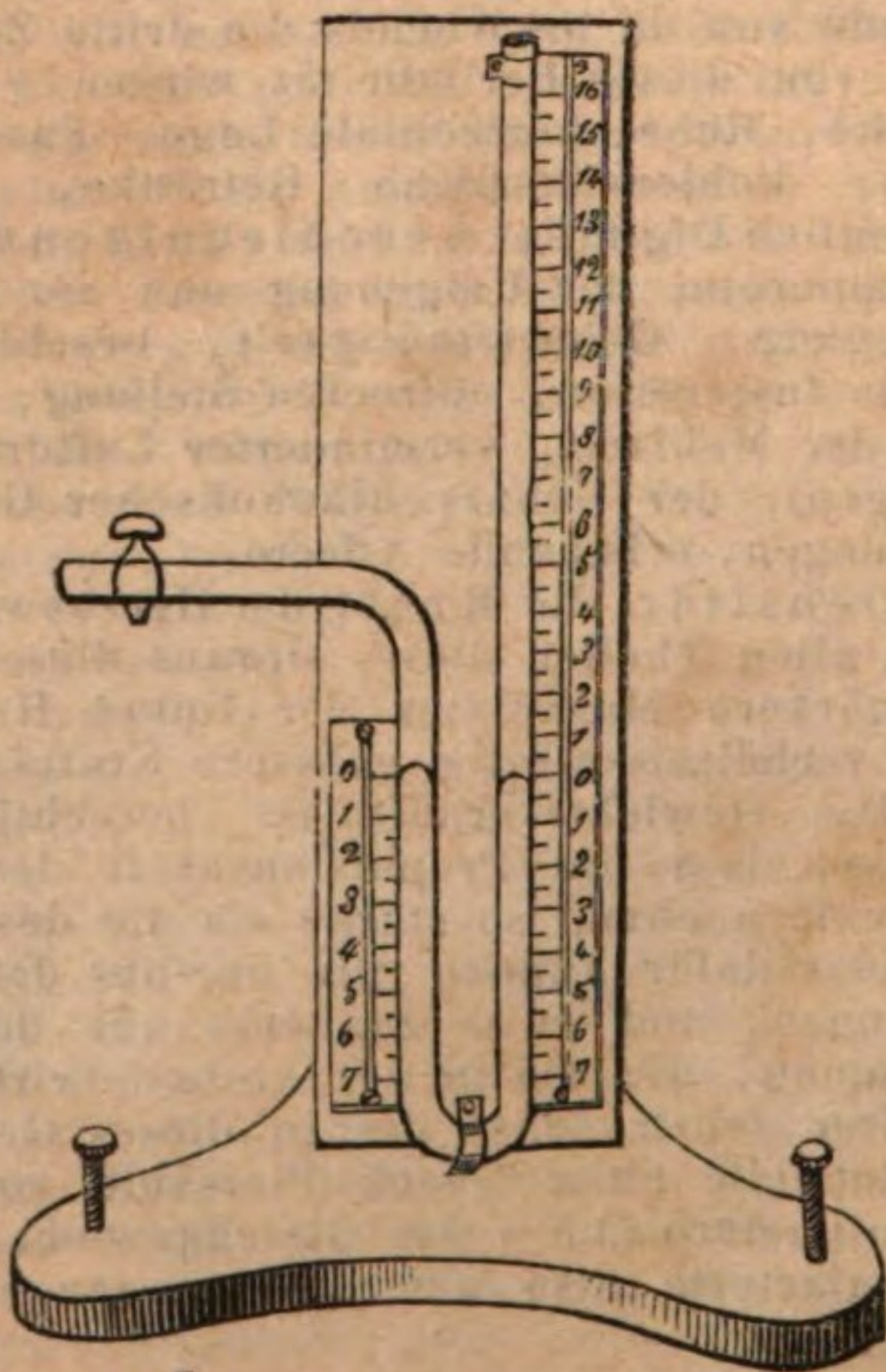
Die Frequenz des Herzschlages beträgt bei einem gesunden erwachsenen Menschen durchschnittlich 60—75 Schläge in der Minute, beim neugeborenen 150, bei Kindern von zwei bis drei Jahren 100. Bei Frauen soll sie etwas grösser sein als beim Mann, vielleicht weil sie kleiner sind, wie denn überhaupt die Körpergrösse im umgekehrten Verhältniss zu der Frequenz steht. Im höheren Alter nimmt sie ab. Bei einem und demselben Individuum variirt sie zu verschiedenen Tageszeiten; und es kann den sorgfältig angestellten Beobachtungen zufolge als allgemeine Regel gelten, dass sie, wenn keine Nahrung eingenommen wird, binnen 24 Stunden drei Abnahmen und drei Zunahmen zeigt. In den Abendstunden (zwischen 6 und 8 Uhr) beginnt die erste Abnahme und dauert bis Mitternacht; dann folgt die erste Zunahme mit einer Dauer von einer bis zwei Stunden; gegen 3 bis 4 Uhr morgens die zweite Abnahme, gegen 10—11 die zweite Zunahme, von 1—2 dritte Abnahme und von da bis Abends die dritte Zunahme. Abgesehen von dieser Periodicität wirken vermindern d Kälte, Ruhe, horizontale Lage, Fasten, die Expiration, kohlensäuerliche Getränke, gewisse Gifte, namentlich Digitalis; beschleunigend wirken erhöhte Temperatur der Umgebung und der Speisen, Muskelbewegung, Geburtsthätigkeit, beschleunigtes Athmen, die Inspiration, aufrechte Stellung, Verdauung nach der Mahlzeit, verminderter Luftdruck (auf hohen Bergen), der Genuss alkoholischer Getränke, Blutentziehungen, erhebende Affecte.

Die Intensität, die Kraft der Herzbewegungen ist nicht in allen Theilen dieses Organs dieselbe, indem die stärkere Muskulatur der linken Herzhälfte auch eine verhältnissmässig grössere Kraftäusserung bedingt. Die Gewichtsverhältnisse berechtigen zu dem Schluss, dass die Propulsionskraft des linken Ventrikels eine nochmal so starke als die des rechten ist. Ein Maass dafür können wir nur aus den Resultaten gewinnen, und zwar zunächst aus der messbaren Spannung, die sie in der Aorta bewirkt. Wir werden später sehen, dass die in dieses Gefäss geworfene Blutwelle einer Quecksilbersäule von ungefähr 15 Centimetern (4,8'') das Gleichgewicht hält, in der Pulmonalarterie also eine halb so lange ausreichen dürfte.

2. Arterieller Blutlauf.

Wohl zeigen der Embryonalblutlauf und die Circulation in acardischen Fötusen, dass für die Blutbewegung das Herz keine unerlässliche Bedingung ist; bei den ausgebildeten höheren Thieren aber ist es in den Mittelpunkt des Kreislaufs gelegt und bekundet in der Massigkeit seines Muskelfasergewebes eine solche Kraft, dass alle andere Bewegungsursachen eine untergeordnete Rolle spielen und entweder gar nicht, oder eben als beihilfliche Momente in Betracht kommen. Natürlich lässt sich diese Kraft am Menschen nicht messen und ist auch bei Thieren in unmittelbarer Herznähe unzulässig; da indess die Gewalt des Stosses sich weiter verpflanzt, so ist der Versuch gemacht worden, eine abgeschnittene grosse Arterie mit einer vertikalen Röhre in Verbindung zu bringen und aus der Höhe der Blutsäule, welche in diese Röhre eingetrieben wurde, beziehungsweise ihrem Gewicht das Gewicht zu ermitteln, das die Propulsivkraft nicht weiter zu heben vermag und das desshalb als Aequivalent der letzteren angesehen werden kann. Dieser Versuch wird freilich durch die Länge der erforderlichen Röhre und durch das Gerinnen des Blutes unpraktisch, weshalb Poiseuille zur sicheren Er-

Fig. 12.



mittlung des Sachverhalts einen Apparat erfand, den er Hämadynamometer (Blutkraftmesser) nannte. Dieser Apparat (Fig. 12) besteht aus einer U förmig gebogenen Glasröhre, der an dem kürzeren Schenkel

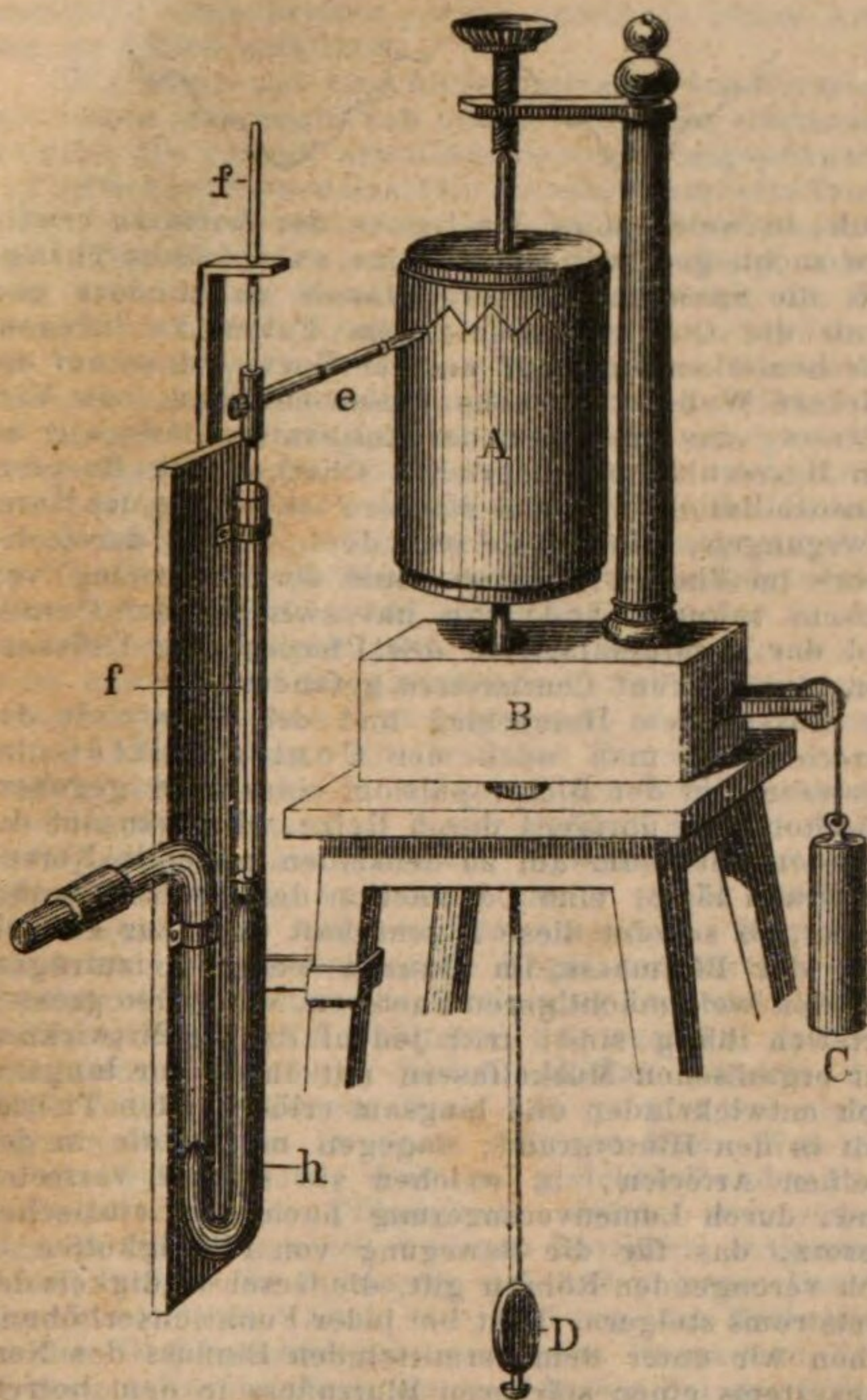
einen horizontalen mit einem Hahn versehenen und zum Einbringen in die Arterie geeigneten Ansatz hat. Vor der Anwendung wird in die Röhre Quecksilber gebracht und der kleinere Schenkel zu Verhinderung des Blutgerinnens vollends mit einer Glaubersalzlösung gefüllt. Bringt man nun den Apparat mit dem Blutgefässe, das natürlich schon eine Verzweigung ist und dem fortwährenden Blutwellennachschub einen anderen Abzug gestattet, in Verbindung, so drückt das ausströmende Blut in dem kürzeren Schenkel die Quecksilbersäule nieder und in dem längeren in die Höhe; man gewinnt daher aus der Tiefe des Falls auf der einen und der Steigerung des Hubs auf der anderen Seite, oder, da in der gleichweiten Röhre die Säule in dem einen Schenkel um ebenso viel steigt, als in dem anderen fällt, aus der doppelten Hubhöhe das Mass oder das Aequivalent für den Blutdruck in der Versuchsarterie. Vergleichende Experimente an Thieren ergeben im Mittel eine Hebung der Quecksilbersäule um 15 Centimeter; sie hängt nicht von der Grösse des Thiers, sondern von einer ziemlich constanten Beziehung zwischen der Masse der Herzmuskulatur und der Aortenmündung ab und ist aller Analogie nach auch für den Menschen dieselbe, obschon man sich diese Werthung nur als eine nach der relativen Völle des Gefässsystems, nach der Kraft des sich zusammenziehenden Herzens, nach verschiedenen nervösen Störungen u. s. w. wandelbare Ziffer denken darf. Für die Arteria pulmonalis berechnet sich der Druckwerth auf die Hälfte oder gar nur ein Drittel.

Bei dem eben besprochenen Versuch an Thieren, die sich etwa wie der Mensch verhalten, fällt eine Erscheinung auf, die einer näheren Betrachtung bedarf. Man sieht nämlich unabhängig von den Eigenschwankungen des bewegten Quecksilbers die Säule bei jeder Ventrikelsystole um einen halben oder ganzen Centimeter steigen und bei der Diastole um eben so viel wieder sinken. Um diese Erscheinung zu erklären, wollen wir auf den Durchgang des Bluts durch das Herz zurückgreifen. In dem Moment, in welchem bei geöffneten Klappen unter dem Druck der sich contrahirenden Kammer der Inhalt der letzteren sich in das grosse Herzgefäss (Aorta oder Pulmonalarterie) ergiesst, bildet der Herzhalt mit dem Arterieninhalt eine ununterbrochene Säule; der Arterieninhalt erhält deshalb die Gewalt des Herzstosses voll. Der Propulsionsstoss erstreckt sich aber nicht bloss auf die Blutmasse, sondern auch auf das sie einschliessende Gefäss, das um seiner Elasticität willen unter der Macht dieses Stosses und der Volumenvermehrung seines Inhalts durch die frisch eingetretene Blutwelle sich erweitert. Hat der Ventrikel sich entleert, so beginnt er alsbald zu erschlaffen, und das Blut in der Arterie würde in ihn zurückströmen, wenn dieser Rückstrom nicht durch die sich füllenden Taschen der halbmondförmigen Klappen gehindert würde. Nach dem ausdehnenden Anprall der geworfenen Blutwelle aber zieht sich das elastische Gefäss wieder zusammen und drängt seinen Inhalt in die Richtung, in welcher er einen Weg findet. Die Gewalt, mit welcher dies

geschieht und die nicht eine dem Gefäss inhärirende, sondern nur vom Herzstoss geborgte und wieder zurückgegebene ist, entspricht der Spannung, unter welcher sich der Gefässinhalt befindet, eine Spannung, welche nach den statischen Gesetzen auf alle Theile der Gefässwand denselben Druck übt, wie in der propulsiven Richtung. Wir wissen, dass diese Spannung für die Aorta zu 15 Centimetern Quecksilbersäule anzuschlagen ist, und kommen dadurch in die Lage, einen annähernden Werth für die Kraft des linken Ventrikels zu gewinnen. Denn da die Spannung gleichmässig auf alle Theile der Gefässwand wirkt, so trifft sie eben so gut auch die im Moment der Diastole durch die Klappen hergestellte Wand, und zwar in dem Verhältniss ihrer Grösse, so dass die gegen das Herz hin gehende Spannung ihr Mass in einer Quecksilbersäule findet, welche die Lumenfläche der Aorta in der Herznähe zur Basis und 15 Centimeter zur Höhe hat (ungefähr $3\frac{1}{2}$ Zollpfund). Wenn nun die Ventrikelcontraction eine neue Blutwelle in die Aorta werfen will, so muss sie dabei eine Kraft entwickeln, welche mächtiger ist, als die Spannung des Aortenklappenapparats zur Zeit der Diastole, also die Spannungsziffer $3\frac{1}{2}$ Zollpfund überbieten. Daraus wird uns nun das Steigen und Fallen der Quecksilbersäule in dem Hämadynamometer klar. Das mit der Ventrikelsystole zusammenfallende Steigen ist der Ausdruck der vollen Muskularkraft des Herzens, während der niedere Stand während der Diastole ihrer Modificirung durch die Contraction der elastischen Arterienwand entspricht. Der niedere Stand stellt die Spannung dar, unter welcher das Blut der grossen Gefässe sich stetig befindet, während die Differenz zwischen ihm und dem höchsten Stand das Mass angibt, um welches die Herzkraft die Spannung in der Arterie überbieten muss, wenn die Circulation unterhalten bleiben soll. — Da das Abschneiden der Arterie die normalen Circulationsbedingungen alterirt, so hat man einen Mechanismus ersonnen, welcher eine angeschnittene mit dem Poiseuilleschen Dynamometer in Verbindung und den Spannungsdruck gegen die Gefässwand bei nicht unterbrochener Gefässcirculation zur Anschauung bringt; doch ist das Resultat von beiderlei Versuchen so ziemlich dasselbe. — Die Blutspannung verhält sich sammt ihren systolischen Varianten in allen grösseren Gefässen des Aortensystems gleich. Diese Erscheinung, welche von grosser Bedeutung für die Gleichmässigkeit des Blutlaufs wird, hat ihren Grund in dem Umstand, dass in den grösseren Gefässen der Einfluss der Reibung, der Krümmung und Gefässtheilung, der sich bei den kleineren Arterien bemerklich macht, fast verschwindet. — Wir müssen übrigens hier noch eines weiteren Moments erwähnen, welcher unabhängig von den systolischen und diastolischen Höhenschwankungen ein in grösseren Zeitabschnitten stetig wiederkehrendes Steigen und Fallen der Quecksilbersäule im Hämadynamometer bewirkt. Man kann davon eine graphische Anschauung gewinnen, wenn man mit dem Hämadynamometer das Ludwigsche Kymographion (Wellenzeichner) Fig. 13 in

Verbindung bringt. Letzteres hat folgende Einrichtung. Auf dem freien Quecksilber des Hämadynamo-

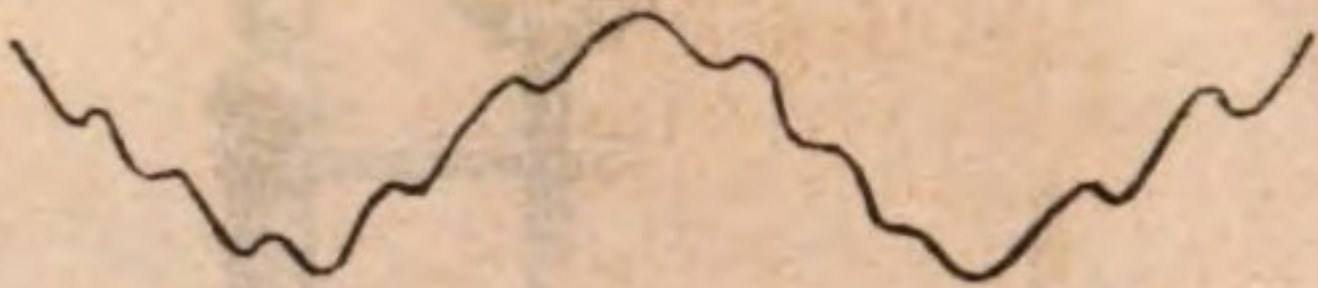
Fig. 13.



mers ist ein Korkschwimmer mit einem Stab *f* aufgesetzt und an dem Stab ein Hebel mit einer Borste *e* angebracht, welcher die Oberfläche einer um ihre Achse beweglichen Trommel *A* berührt. Um die Trommel, welche durch ein Uhrwerk in Drehung gebracht wird, ist ein mit Lampenruss beschlagenes Papier geschlungen. Wenn nun der Schwimmer den Bewegungen der steigenden und fallenden Quecksilbersäule folgt und sich zugleich die Trommel um ihre Achse bewegt, so zeichnet die Borste auf dem Russpapier eine Kurve von der in Fig. 14 angegebenen Form ab, in welcher die kleineren Wellen den Herzbewegungen, die grösseren aber, die sich bis zu einer Höhendifferenz von 5 Centimetern steigern, den Athmungsbewegungen entsprechen. Wenn nämlich eine

Inspiration geschieht, so ist das Bestreben des Brustkorbs, einen leeren Raum zu schaffen, in dem Augen-

Fig. 14.



blick, in welchem es das Lumen der Aorta zu erweitern sucht, geeignet, durch seine excentrische Thätigkeit die Spannung dieses Gefässes zu mindern und somit die Quecksilbersäule zum Fallen zu bringen. Wir bemerken auch auf unserer Kurve, dass auf die stärkere Welle etwa sechs kleine entfallen, ein Verhältniss, das ganz dem der Respirationsbewegung zu den Herzschlägen entspricht. Obschon die Respirationsoscillation eine viel stärkere ist, als die der Herzbewegungen, mindert sie sich doch, da sie durch die Leere im Thorax abhängt, mit der Entfernung von diesem schnell, und man hat zwischen der Carotis und der Metatarsalarterie des Pferdes eine Differenz von vier bis fünf Centimetern gefunden.

Ausser dem Herzschlag und der Elasticität der Arterien hat man auch der Contractilität der letzteren bei der Blutpropulsion eine Rolle gegeben. Obschon man übrigens durch Reize, die man auf die Arterienhäute oder auf zu denselben gehende Nerven einwirken lässt, eine Contraction des Gefässes wahrnimmt, so scheint diese Eigenschaft doch zur Propulsion der Blutmasse im Ganzen wenig beizutragen. Bei den weit mächtigeren Factoren, die in den grossen Arterien thätig sind, tritt jedenfalls die Mitwirkung der organischen Muskelfasern mit ihrer nur langsam sich entwickelnden und langsam erlöschenden Thätigkeit in den Hintergrund; dagegen mögen sie in den kleinen Arterien, in welchen sie stärker vertreten sind, durch Lumenverengerung nach dem statischen Gesetz, das für die Bewegung von Flüssigkeiten in sich verengenden Röhren gilt, die Geschwindigkeit des Blutstroms steigern. Fast bei jeder Funktionserhöhung sehen wir unter dem vermittelnden Einfluss des Nervensystems einen stärkeren Blutzufluss in dem betreffenden Organ entstehen, wie denn auch Affekte, örtliche Störungen und dergleichen jenen bloss aus der Contractilität der Gefässe abzuleitenden localen Blutzufluss herbeiführen, den wir Congestion nennen. Die Contractilität der Arterien hält einige Zeit nach dem Tod an, und man findet die Gefässe geschlachteteter Thiere enger, als einen Tag nachher, wenn nur noch die Elasticität wirkt. Man vermuthet, die Contractilität sei Ursache, dass man in der Leiche das arterielle System fast ganz blutleer, das venöse dagegen ausgedehnt findet. In den Augenblicken, die dem Tod vorangehen, mindert sich allmählig die Energie des Herzens und damit die Blutspannung in den Arterien; mit dem Aufhören des Herzimpulses wird die Blutspannung gleich Null, und die arterielle Contractilität kann sich mit voller Freiheit entfalten.

Sie treibt nur allmählig das im Arteriensystem befindliche Blut in das venöse hinüber, dessen Gefässe dehnbarere Wandungen besitzen. Ferner ist es theilweise der Einwirkung von Luft, Kälte u. s. w. auf die Contractilität zuzuschreiben, wenn getrennte kleine Arterien zu bluten aufhören.

Wir haben aus dem bisher gesagten den Herzstoss mit seiner ursprünglichen und der von dem elastischen Gewebe des ganzen arteriösen Systems fortgepflanzten und zurückgegebenen Kraft als die allein namhafte Triebfeder der Blutbewegung kennen gelernt; doch äussert sie sich nicht durch das ganze System gleichmässig, sofern eine Anzahl von Momenten zusammenwirkt, um den Nutzeffekt dieser Kraft im Verlauf abzuschwächen. Die in die grossen Gefässe eingetriebenen Blutwellen wirken nämlich nicht bloss ausdehnend und verlängernd auf die Gefässe, sondern auch auf die weniger oder nicht elastischen Nachbargewebe, die sie zurückdrängen; es geht sonach an diese ein Theil der Propulsionskraft verloren. Ein weiterer Hemmungsgrund ist die Theilung der Gefässe, indem der Theilungswinkel dem vollen Strom nach Art der Eisbrecher in den Flussbetten entgegen tritt. Auch die Gefässcurven, noch mehr aber die Anastomosen, in welchen zwei verschiedene Ströme sich begegnen, üben eine hemmende Einwirkung. Ein weiteres Hemmungsmoment liegt in dem Umstand, dass bei der Verästelung der Arterien der Rauminhalt dieser Gefässe nicht derselbe bleibt, sondern dass die Aeste, in welche ein Arterienstamm sich theilt, zusammen immer weiter sind, als der Stamm, von welchem sie ausgehen. Man kann das Arteriensystem mit einem Kegel vergleichen, dessen Spitze im Herzen, die Basis aber in den Capillargefässen liegt, ein Verhältniss, das auch auf das Venensystem Anwendung findet. Strömt sonach das Blut von der Spitze zur Basis, so geht es aus einem engeren Hohlraum in einen weiteren über. Nun gilt das statische Gesetz, dass bei gleichbleibender Propulsionskraft eine Flüssigkeit, welche aus einem engeren Kanal in einen weiteren übergeht, langsamer fliesst, sofern die Spannung sich auf grössere Durchmesser vertheilt. Auch der Reibung der Blutwellen an den Gefässwandungen wird eine hemmende Einwirkung zugeschrieben; sie mag indess bei der Glätte der Kanäle nicht bedeutend ausfallen, während die Adhäsion eine augenfälligere Rolle spielt. Wenn man nämlich unter dem Microskop breitere Blutströme beobachtet, so bemerkt man deutlich, dass die Blutkörperchen in der Nähe der Wandungen mit geringerer Geschwindigkeit fortbewegt werden, als in der Mitte der Gefässe. Die Bedeutung des letztern Moments nimmt natürlich zu mit der grösseren Enge der Kanäle und erreicht ihr höchstes in den Capillargefässen. — Unter gewöhnlichen Umständen überwindet übrigens das Herz alle diese Hindernisse, und der einzige Effect, welchen sie hervorbringen, ist eine Verlangsamung des Blutstroms, der mit der Entfernung vom Herzen zugleich den stossweisen Impuls verliert und bei der Annäherung an die Organe in einen gleichförmigeren umgewandelt wird.

Ein Rückblick auf das Verhalten der Gefässwand-Elasticität, welche vornehmlich den stossweise einherwogenden Blutstrom regelt und in einen gleichmässigen umwandelt, führt uns nun auf eine von dieser Elasticität abhängige Erscheinung, welche einer näheren Beleuchtung bedarf, wir meinen den

Puls.

Wenn man nämlich die Fingerspitze an eine mit fester Unterlage versehene Arterie legt, so fühlt man ein abwechselndes Sichheben. Der Anstoss gegen den Finger ist der Ausdruck einer Erweiterung des elastischen Arterienrohrs, welche von dem Tastsinn viel besser wahrgenommen wird, als durch jeden anderen Sinn, obschon Poiseuille die Erscheinung, die nur in sehr enger Grenze spielt und daher in weichen Geweben auch dem Tastsinn entgeht, durch einen Apparat dem Auge anschaulich zu machen versucht hat. Er fertigte nämlich eine Büchse mit zwei aufeinanderpassenden Löchern an, aus der eine feine graduirte Röhre aufsteigt. Durch das Loch im Boden der Büchse zog er die zuvor lospräparirte Carotis eines Thiers, that das gleiche bei dem Loch im Deckel, verkittete die Oeffnungen, füllte die Büchse mit Wasser und setzte den Deckel auf, so dass die Arterie durch das Wasser lief. Es stieg nun bei jeder Ventrikelsystole das Wasser in der graduirten Röhre, und aus der Höhe der steigenden Wassersäule konnte er die Erweiterung des Gefässes berechnen, die sich an der Carotis des Hundes und des Pferdes auf $\frac{1}{22}$ des Durchmessers belief. — Der Puls ist eine Wirkung der Ventrikelcontractionen, welche stossweise eine gewisse Blutmenge in das arteriöse System einführen und dadurch eine so schnell fortschreitende Oscillation der Gefässwände erzeugen, dass der Puls in der entferntesten Körperpartie kaum $\frac{1}{7}$ Secunde später gefühlt wird als in der unmittelbaren Herznähe. Man nimmt ihn normal nur in den Arterien wahr, da die verschiedenen Hemmungen des Blutlaufs die ursprüngliche Stärke mehr und mehr abschwächen, bis die Circulation zuletzt (in den Venen) ganz gleichmässig geworden ist. An einigen Stellen kann man den Puls auch durch den Gesichtssinn wahrnehmen, so an der Schläfengegend magerer Personen, an denen man bei aufmerksamer Beobachtung ein leichtes Verschieben der Schläfenarterie bemerkt. Diese erkennbare Bewegung rührt nicht von einer Erweiterung der Arterie her, da diese zu schwach ist, um sichtbar zu werden, sondern ist eine wahre Ortsveränderung. Die eingetriebene Blutwelle wirkt nämlich nebenzu verlängernd auf das Gefäss, und wenn dies auch bei geradlinig verlaufenden Arterien unbeachtet bleibt, so tritt doch an den Curven ein anderes Verhältniss ein. Die abwechselnde Verlängerung und Verkürzung der letzteren bewirkt die für das Auge wahrnehmbaren Verschiebungen, die man an allen nicht tief in den Geweben liegenden gekrümmten Arterien bemerkt oder durch Biegung experimentativ in jeder freigelegten Arterie zur Anschauung bringen kann. — Der Puls

ist, wo nicht das Untersuchungsgefäß unter dem überwiegenden Einfluss der Contractilität steht, ein Index für die Stärke oder Schwäche der Herzthätigkeit., wobei man die Energie des Blutwellenanpralls und das zeitliche Verhältniss der Pulse ins Auge zu fassen pflegt. Um den sich hiebei ergebenden Verschiedenheiten einen graphischen Ausdruck zu verleihen, hat Vierordt den sogenannten Sphygmographen (Pulszeichner) erfunden, ein Instrument, wesentlich in einem Hebel bestehend, an dem der eine Arm einen sanften Druck auf die Arterie übt, der andere aber, der zehn- oder zwanzigmal länger ist, die durch den Puls bewirkte Ortsveränderungen, zehn- oder zwanzigfach vergrössert wieder gibt. Letztere können, wie beim Kymographion durch einen Stift oder eine Borste auf dem bewussten Papierüberzug einer sich drehenden Trommel aufgezeichnet werden und liefern eine abwechselnd convexe und concave Curve, welche die feineren Eigenthümlichkeiten des Pulses mit einer von dem Tastsinn nicht mehr erfassbaren Schärfe wieder gibt. Da der Puls bloss ein Ausdruck der Herzbewegung ist, so gilt von ihm das meiste, was weiter oben über diese gesagt ist.

3. Capillarblutlauf.

Bis zur Entdeckung der Capillargefässe durch Malpighi (1661) war eine Lücke in der Harveyschen Theorie. Ihr Name ist nicht gerade ein entsprechender Ausdruck für ihre Feinheit, da ihr Durchmesser nicht dem eines Haars entspricht, sondern kleiner ist und in den verschiedenen Geweben zwischen $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{500}$ ''' schwankt; die feinsten finden sich im Nervengewebe (Gehirn und Rückenmark) und in den Muskeln, weitere in Leber und Lungen, die weitesten im Mark der Knochen. Sie bilden zwischen Arterien und Venen Uebergänge, welche nicht mehr enger werden, ob schon sie noch Aeste abgeben und durch Anastomosirung Netze bilden; auch findet nicht bei allen Arterien und Venen eine Vermittlung durch Capillaren statt, indem nicht ganz selten kleine Arterien sogleich zu Venen werden. Man bemerkt dies namentlich in der Milz; in der Placenta uterina und in der Corpora cavernosa scheinen die Capillaren ganz zu fehlen. Bei starker Vergrösserung erkennt man an ihnen strukturlose Wände mit eingesprengten Kernen. Die Frage über Vascularität oder Nichtvascularität eines Gewebes beschränkt sich nur auf ein Mehr oder Weniger, denn selbst in den gefässreichsten dringen die Capillaren nicht in die letzten Elemente, in den Muskeln zum Beispiel nicht in die Fibrillen, sondern nur in das Sarcolemm. Ihre Vertheilung richtet sich nach der Anordnung des betreffenden Gewebes, so dass sie nach der Verschiedenheit des letzteren verschiedene Formen zeigen, die sich leicht nach gelungenen Injectionen unterscheiden lassen und interessante Objekte für die mikroskopische Anatomie bilden. Aber auch an lebenden durchsichtigen Geweben, der Schwimmhaut eines Frosches, der Flatterhaut einer Fledermaus zum Beispiel, bietet uns das Mikroskop einen wunder-

schönen Anblick. In den Capillaren von weiterem Caliber können drei bis vier Blutscheibchen neben einander schwimmen, in den engeren nur eines, und in der Cornea verengen sie sich nach Hyrtl und Kölliker so, dass sie nur noch für das Blutserum permeabel, als zu wahren Vasa serosa werden. In den für ein einziges Blutscheibchen durchgängigen Capillaren sieht man bisweilen das Scheibchen unter dem Seitendruck sich verlängern und beim Eintritt in ein weiteres Gefäss wieder kreisförmig werden. Das Blut in den Capillaren verhält sich auf eine ähnliche Weise, wie das Wasser in den Flüssen, denn der Strom in der Mitte ist viel schneller als an den Seiten, welchen eine ruhigere Schichte, der sogenannte Poiseuillesche Raum sich anlegt. In diesem Raume, dessen Plasma wahrscheinlich dem Spiel der wichtigsten Ernährungsprocesse dient, da die im centralen Strom hinbewegten Blutscheibchen nicht durch eine unverletzte Gefässwand austreten, sieht man häufig Lymphkörperchen, welche im Froschfuss durch ihre kleinere Gestalt, ihre runde Form und die Farblosigkeit sich leicht von den ovalen gelblichen Blutscheibchen unterscheiden lassen. Sie bleiben an der Wand gewöhnlich lange hängen und nehmen nicht an der Raschheit Theil, mit welcher die Blutscheibchen sich weiter bewegen. Die ruhigere Schichte nimmt ungefähr $\frac{1}{8}$ des ganzen Gefässes ein und wird von den meisten Physiologen auf Rechnung der Adhäsion geschrieben; Draper dagegen, der sich mit diesem Gegenstand viele Jahre beschäftigt hat, gibt ihr eine andere Bedeutung. Er stellt den Satz auf: „Wenn zwei Flüssigkeiten sich in einer capillaren Röhre befinden, für deren Substanz sie eine Affinität von verschiedener Stärke besitzen, so erfolgt Bewegung; die Flüssigkeit, welche die höhere Affinität besitzt, wird sich nach der Wand hindrängen und die andere sogar vor sich her treiben.“ Dieses Gesetz hat den Vorthail der Universalität und erklärt auch die pflanzliche Saftbewegung. In den Lungen-capillaren, in welchen ein so lebhafter chemischer Process vor sich geht, ist nach Draper die Circulationsgeschwindigkeit fünfmal stärker, als in den Capillaren des übrigen Körpers, und die Respiration erscheint ihm daher als ein mächtiger Circulationshebel. Die Absperrung des Sauerstoffs, welche den letzteren lahm legt (beim Ertrinken, dem Einathmen von Stickgas u. s. w.) hat daher Asphyxie zur Folge. Aus diesem Verhältniss glaubt Draper am besten erklären zu können: 1) die Leere der Arterien nach dem Tod; 2) die Blutbewegung im Embryo, im herzlosen Foetus und im Körper nach unterbundener Aorta; 3) die Circulation in der Pfortader; 4) die periodischen und localen Veränderungen bei gewissen Affekten (Scham, Furcht), bei Entzündungen, Congestionen und Blutungen, die Wirkungen der Kälte und schliesslich die Veränderungen in den Respirationsorganen, welche durch Asphyxie und das erste Athmen hervorgebracht werden.

Wir sind soweit auf die Ansichten derjenigen eingegangen, welche glauben, der Herzimpuls müsse schon bei dem Anlangen des Bluts in den Capillaren

erschöpft sein und durch einen neuen im Capillarsystem ersetzt werden. Andere verwerfen diese Annahme und begründen den Einfluss des Herzens auf die Capillarcirculation mit folgenden Momenten: 1) die Spannung (der Seitendruck) in den Venen sowohl als in den Arterien lässt sich nur von dem Herzstoss ableiten und muss daher durch die Capillaren fortgepflanzt sein; 2) Druck auf eine Hauptarterie übt bald einen schwächenden Einfluss auf die Capillarcirculation, und 3) muss bei den Fischen das Herz zuerst das Blut durch die Kiemencapillaren drängen, ehe dasselbe in die Aorta gelangt.

Obschon die Capillarwandungen nur aus einem sehr einfachen Gewebe bestehen, sind sie doch in Folge der eingesprengten Kerne contractil und wahrscheinlich auch elastisch. Die Geschwindigkeit ist jener in den Arterien gegenüber um der bei dieser aufgeführten Gründe willen eine sehr verminderte und muss auch wegen der verschiedenen Lichtweiten nach den Geweben verschieden sein; nach Valentin schwankt die Secundengeschwindigkeit des Bluts in den Capillaren zwischen $\frac{4}{100}$ — $\frac{32}{100}$ '''. Die netzartige Anordnung, in welcher die Capillaren unter rechten und stumpfen Winkeln mit einander anastomosiren, macht die Blutbahn zu keiner völlig constanten, indem man in demselben Gefässchen die Blutscheibchen bald nach rechts, bald nach links sich bewegen sieht; ja es kommt nicht selten vor, dass entgegengesetzte Strömchen auf einander stossen und ein eingetretenes Blutkörperchen wieder umkehrt und das Gefäss verlässt. Ein andermal bemerkt man, dass die Blutkörperchen in einer Capillare eine Zeitlang still stehen. Ein solches Stocken (Stasis) lässt sich durch Reize (verdünnte Schwefelsäure u. s. w.) herbeiführen oder entsteht spontan bei Schwäche des Thiers, bei Mangel an Befeuchtung und ist dann schon ein krankhafter Zustand.

4. Venöser Blutlauf.

Das Blut strömt aus den Arterien durch die Capillaren in die Venen über;

Fig. 15.

Fig. 16.



den Beweis dafür gibt die Thatsache, dass eine angestochene Vene schnell zu bluten aufhört, wenn man die zu ihr gehörige Arterie comprimirt. Nachdem die Venen das Blut an den verschiedenen Körpertheilen gesammelt haben, führen sie dasselbe vermittelst der grossen Gefässe ihres Systems dem Herzen zu. Sie haben gefüllt eine cylindrische Form, jedoch nicht so gleichförmig wie die Arterien, da sich an den Klappen ähnliche Ausbuchtungen wie an den Lymphgefässen bemerk-

lich machen (Fig. 15 u. 16). Die Wandungen sind

denen der Arterien ähnlich, aber viel dünner, so dass man das Blut durchscheinen sieht; ihr musculöses und elastisches Gewebe nämlich ist bei weitem nicht so entwickelt, und an den Venen unter 0,02'' Durchmesser fehlt die Muskelhaut ganz. Die in wechselnden Abständen angebrachten Klappen sind gewöhnlich paarweise gestellt und kehren ihren freien halbmondförmigen Rand dem Herzen zu; man findet sie sehr zahlreich in den oberflächlichen Venen und in denen der Knochen, seltener in den tiefen und grossen, gar nicht in der Pfortader, in den Lungen- und in den Nierenvenen.

Wir haben den gesamten Arterienraum mit einem hohlen Kegel verglichen, von dessen Spitze, dem Herzen, aus das Blut in immer weitere Bahnen tritt; das Venensystem stellt gleichfalls einen solchen Kegel dar, dessen Basis durch das Capillarsystem, die Spitze durch das Herz dargestellt wird; aber hier tritt das Blut umgekehrt aus einem weiteren Raumverhältniss in ein engeres ein. Man rechnet den Inhalt des venösen Systems, in welchen auch der des Lymphsystems eingeht, zum dreifachen des Arteriensystems. — Die Blutspannung ist im venösen System viel geringer als im arteriösen und entspricht einer ansehnlich kleineren Quecksilbersäule des Hämadynamometers, ob schon hiebei Schwankungen sich bemerklich machen, die bald von ständigen, bald von zufälligen Momenten bedingt werden; im allgemeinen erscheint sie um so geringer, je mehr die Venenzweige sich den Stämmen nähern, während sie in grösserer Nähe der Arterien stärker anspricht. Nach Weyrch bemerkt man sogar eine der Systole entsprechende Oscillation, und ob schon sie nur ein paar Zehntelscentimeter der Quecksilbersäule ausmacht, so liefert sie doch einen Beweis für die durch das Capillarsystem hindurch dringende Kraft des Herzschlags.

Die erste der bewegenden Kräfte ist sonach auch im Venensystem der Herzdruck, der allmählig die Blutssäule aus den Arterien durch die Capillaren in die Venen treibt. Die Geschwindigkeit des Bluts ist nachgerade eine ziemlich gleichförmige geworden, denn man fühlt keinen Puls mehr, und wenn man an Lebenden eine Vene öffnet, so zeigt sie nicht mehr die ruckweisen Verstärkungen, die man an spritzenden Arterien bemerkt. Als weiter mitwirkende Ursachen nennen wir zunächst den Druck, welchen die Contraction der Muskel auf die Venen üben. Man kann sich davon bei jedem Aderlass am Arm überzeugen, indem der Blutstrahl stärker fliesst, wenn man mit den Fingern einen Stab dreht. Diesem Einfluss die centripetale Richtung zu sichern, sind die Klappen angebracht, deren Beutelöffnungen herzwärts stehen und das Blut nicht mehr zurücklassen. — Die Contractilität der Gefässwandungen dürfte auf den venösen Blutlauf im allgemeinen nicht viel wirken, dagegen auf vorübergehende Reize durch locale Lumenverengerungen ansprechen. — Die Lumenverengung, die sich in dem System in dem Mass der Annäherung ans Herz steigert, ist für den venösen Blutlauf ein sehr wichtiges Moment, sofern eine Flüssigkeit, die

bei gleichem Druck in engere Kanäle eingeht, eine grössere Geschwindigkeit gewinnt. — Durch Tigri wurde auch auf das Pulsiren der Arterien als auf eine Bewegungsursache hingewiesen, sofern Arterien und Hauptvenen neben einander herlaufen und häufig in eine gemeinschaftliche nur wenig dehnbare Scheide eingeschlossen sind. Wenn bei der geringen Lumenverweiterung, welche in den Arterien durch den Puls bewirkt wird, auf beschränkten Strecken dieser Einfluss verschwindet, mag er doch um seiner ausgedehnten Thätigkeit willen nicht ohne Belang sein. — Von weit höherer Bedeutung ist die Einwirkung der Respiration auf den venösen Blutlauf. Die in der Brusthöhle eingeschlossenen Hohlorgane sehen sich nämlich bei jeder Inspirationsbewegung veranlasst, sich gleich dem Brustkorb zu erweitern. So bildet sich auch im Herzen (dem Pericardium sowohl, als in seinen Höhlen) bei jeder Inspirationsbewegung eine virtuelle Leere, kraft welcher das Blut von allen Theilen gegen das Centralorgan der Circulation hingezogen wird (Aspiration). Die am Ausgang der Kammern liegenden Klappen widersetzen sich der Rückkehr des arteriellen Blutstroms nach dem Herzen hin, und die Aspiration übt sonach in den grossen Schlagaderstämmen keine andere Wirkung, als dass sie hier die Blutspannung vermindert (S. 80), in den Atrien aber tritt ihr kein Hinderniss entgegen, und die Folge davon ist, dass jede Inspirationsbewegung das venöse Blut anzieht. Barry hat diese theoretisch so gut begründbare Erscheinung auch experimentativ nachgewiesen, indem er das eine Ende einer gekrümmten Röhre in die Hohlader eines Pferdes, das andere in ein Gefäss mit gefärbtem Wasser brachte; bei jeder Inspirationsbewegung sah er in dem Schenkel, der in das Wassergefäss tauchte, das farbige Wasser in die Höhe steigen. Diese Aspiration ist in der Herznähe am stärksten und kann hier ein Steigen der Quecksilbersäule im Hämadynamometer von 8 Centimetern bis auf 20 bewirken. Mit der Entfernung vom Herzen schwächt sich dieser Einfluss ab und ist bereits in der Hüftbeinvene gleich Null geworden; auch wird er in der Herznähe selbst nur durch den Umstand ermöglicht, dass die betreffenden Venenwandungen in ihrem Umfang den über die benachbarten Knochentheile gespannten Aponeurosen anhaften; wäre dies nicht der Fall, so müsste dem Aspirationsbestreben des Herzens gegenüber unter dem weitergeleiteten Einfluss des Atmosphärendrucks, der auf die Körperoberfläche und sonach auch auf die Venen geschieht, die mit nicht genügender Elasticität versehenen Kanalwände zusammenfallen. Obschon übrigens die Aspiration sich nur auf eine beschränkte Strecke des venösen Systems ausdehnt, so wirkt sie doch mittelbar auf den Gesamtblutlauf, sofern bei ihrem Nachlasse die in den entlegeneren Aesten des Venensystems befindliche Blutssäule diejenige zu ersetzen strebt, welche durch die Inspiration angezogen worden ist.

Da wir eben von der Aspiration der grossen venösen Gefässe gesprochen haben, so mag es mir erlaubt sein, eine mit ihr zusammenhängende Erscheinung

zu berühren, die ernstliche, selbst tödtliche Folgen bedingen kann. Bei Operationen am Hals kommt es bisweilen vor, dass man einen zischenden Laut hört, welcher davon herrührt, dass in Folge der Aspiration durch zerschnittene und von den sehnigen Flächen der Halsgegend offen gehaltene Venen Luft eingesogen wurde. Diese Luft mengt sich mit dem Blut, gelangt mit demselben ins Herz, und nach dem Tode findet man das letztere, wie auch die grossen Gefässe mit schaumigem Blut gefüllt. Die Ursache eines so verhängnissvollen Resultats, das übrigens nur nach dem Eintritt bedeutenderer Luftmengen statt findet, kann nicht in einem unmittelbar lähmenden Einfluss der Luft auf die Herzwandungen bestehen, denn man vermag am ausgeschnittenen Herzen die bereits erloschenen Herzbewegungen durch Aufblasen wieder herzustellen. Wahrscheinlicher ist, dass das mit Luft gemengte Blut nicht gut durch die Capillaren kommen kann, wie ein gewöhnliches Experiment an den Harnröhrchen zeigt. Der rasch eintretende Tod ist wohl Folge einer Asphyxie, herbeigeführt durch den Umstand, dass die Capillaren des Lungenkreislaufs impermeabel werden.

5. Blutlauf in der Pfortader und in den erectilen Geweben.

Obschon die Blutbewegung, die unter diesen Titel fällt, sich den bereits verhandelten Reihen unterordnet, zeigt sie doch gewisse Eigenthümlichkeiten, die eine gesonderte Betrachtung verdienen.

Die Pfortader, welche all das ursprünglich den unpaarigen Gefässen des Aortensystems entstammende Blut aus den Capillaren des Magens, der Milz, der Bauchspeicheldrüse, der beiden Gekröse und der Gallenblase sammelt, ist ein klappenloses Gefäss, das sich in der Leber nach Art einer Arterie in ein zweites Capillarnetz ausbreitet, aus welchem dann erst die Lebervenen hervorgehen. Reicht schon ein einmaliger Durchgang durch Capillaren zu, um die Spannung des Bluts bedeuten herabzusetzen, so muss dies bei einer Wiederholung desselben noch viel mehr der Fall sein, namentlich da der Blutstrom in dem Hauptgefäss sogar des stützenden Klappenapparats entbehrt. Die Ursachen, welche örtlich den Blutlauf zu modificiren vermögen, müssen hier mit weit mehr Energie ihren Einfluss geltend machen, in einem Grad sogar, dass sich das Blut des Pfortadersystems in veränderlichem Verhältniss dem Impuls des Herzens entzieht. Wohl ist es schwer zu sagen, wie weit die Stagnation des Bluts in der Pfortader gehen kann; doch machen es manche Erscheinungen in hohem Grad wahrscheinlich, dass während der Verdauungsabsorption der Blutlauf in diesem System verlangsamt ist. Wenn man z. B. mit Erichsen Eisencyanürcaleum einem Thier 24 Minuten nach der Fütterung beibringt, so findet man es 16 Minuten später im Urin wieder; reicht man es eine Stunde nach dem Fressen, so wird es nach 14, zwei

Stunden nach der Fütterung, so wird es nach 12 Minuten wieder ausgeschieden.

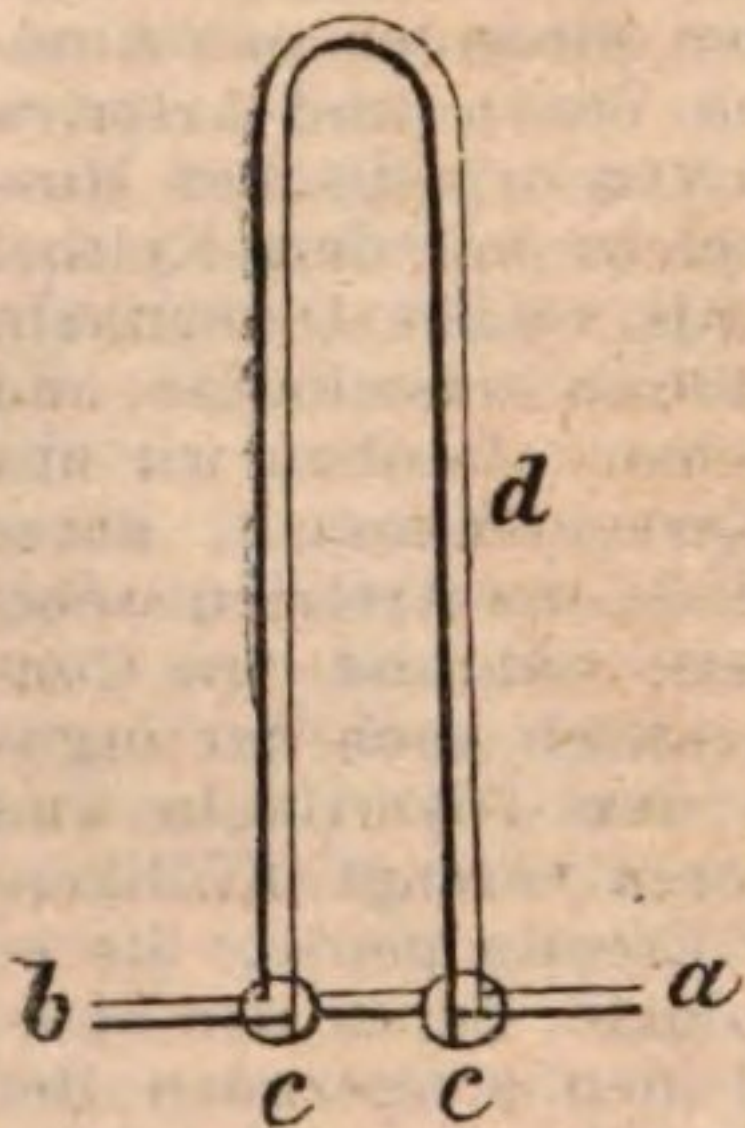
Bei den erektilen Geweben (den Schwellkörpern der Ruthe, der Clitoris und der Milz) ist statt des Capillarnetzes ein Aggregat verschiedentlich sich kreuzender Plättchen, die unter einander communicirende Zellen bilden, zwischen Venen und Arterien eingeschoben. Man kann diese von organischen Muskelfasern durchsetzte Zellen, welche mit dem Epithel der Venen ausgekleidet sind, als venöse Divertikeln betrachten, in welche die Arterien ausmünden und aus denen die Venen hervorgehen. Denken wir uns nun in Folge aufgehobenen Nerveneinflusses, unter dessen Herrschaft die Contractilität der Arterien steht, das Lumen der Arterien erweitert, während eine Contraction gewisser Muskel, namentlich auch der organischen Muskelfasern zwischen den Divertikeln und Venen die Mündung der letzteren verengt (Köllikers Ansicht von dem Vorgang der Erectio penis, die er durch den Priapismus bei Paraplexie, durch den hemmenden Einfluss der Kälte und den steigernden der Wärme auf die Erection begründet), so wird in den Divertikeln der Blutstrom nicht nur stocken, sondern auch sich anhäufen. Bei der Milz mag ausserdem noch der Druck eines vollen Magens mitwirken. Das eigenthümliche solcher Stasen ist ihr intermittirender Charakter. Vergrösserung und Verkleinerung der erektilen Gewebe hängt von der Blutmenge, die sich in ihren Maschen verfängt, und von dem mehr oder weniger beträchtlichen Abfluss des Bluts durch die Venen ab.

Zum Schluss dieses Kapitels werfen wir noch einen Blick auf die Circulationsgeschwindigkeit. Hering hat aus Versuchen an Pferden, denen er in die Jugularvene der einen Seite eine Lösung von Kaliumeisen-cyanür einspritzte, gefunden, dass das Salz nach etwa 26 Secunden in der Jugularvene der anderen Seite wieder erschien; es hatte sonach den Lauf durchs Herz, durch die Lungen, wieder durch das Herz, die Aorta, die Carotiden, das Capillarsystem des Kopfs und die Jugularvene zurücklegen müssen. Bei Kaninchen hat man in ähnlicher Weise $7\frac{1}{2}$, bei Hunden 7 Secunden Umlaufzeit gefunden. — Beim Menschen wurde die Blutumlaufzeit durch Rechnung zu ermitteln gesucht. Wenn nach unserer früheren Annahme der erwachsene Mensch im Mittel 18 Pfund Blut enthält (man will indess neuerer Zeit nur 10—12 gelten lassen) und jeder ausgedehnte Ventrikel seine 10— $10\frac{1}{2}$ Loth Blut fasst, so sollte nach 57 Herzschlägen oder, wenn man von letzteren 75 auf die Minute rechnet, in 45 Secunden das Blut nach einer Wanderung durch den grossen und kleinen Kreislauf wieder an dem alten Ausgangspunkt angelangt sein. Die geringere Blutmenge gibt natürlich eine niederere Ziffer, und Vierordt berechnet, dass beim Menschen und verschiedenen Säugethieren das Blut seinen Umlauf während 26—27 Herzschlägen beendigt habe.

Volkmann hat versucht, die Blutgeschwindigkeit

direct zu messen und zu diesem Ende das Hämadromometer (Blutlaufmesser) erfunden. Dieser besteht

Fig. 17.



aus einer gekrümmten Glasröhre (Fig 17 d), die in ein kupfernes Gehäus eingelassen ist. Letzteres ist in der Richtung von a b durchbohrt und bei c c mit in doppelter Richtung durchbohrten Zapfen versehen, so dass durch eine gleichzeitige Drehung dieser Zapfen entweder der kurze Kanal a b hergestellt oder dieser bei c c in einer Weise unterbrochen wird, dass eine bei a einströmende Flüssigkeit vorher durch die Röhre d gehen muss, ehe sie durch b wieder abfliessen kann. Zum Behuf des Experiments durchschneidet man das betreffende Gefäss, bringt das eine Ende

mit a, das andere mit b in Verbindung und lässt den Blutstrom direct durch a b. Nun aber dreht man die Hähne, um den kürzeren Weg zu versperren, und der Blutstrom dringt nun in die Röhre d ein, die man, um die Circulation von Luft zu vermeiden, vorher mit Wasser gefüllt hat. Die Zeit, welche das Blut braucht, um die Glasröhre zu durchlaufen, entspricht bei gleichem Caliber der Zeit, die es gebraucht haben würde, eine gleich grosse Strecke in dem Blutgefäss zu durchlaufen. Die Versuche von Volkmann und Lenz an der Carotis von Thieren haben ergeben, dass die arterielle Geschwindigkeit in der Herznähe sich bei allen grossen Säugethieren ziemlich gleich verhält und in der Secunde ungefähr einen Pariser Fuss beträgt, während sie, wie Bidder und Lenz am Hund gefunden, in der Schenkelarterie nur noch die Hälfte ausmacht und natürlich im weiteren Verlauf mehr und mehr abnimmt.

Der Blutgeschwindigkeit in den Capillaren haben wir bereits Erwähnung gethan und auch von den Venen die Momente angedeutet, die zu Beschleunigung ihres Blutlaufs beitragen (Caliberverengerung und Aspiration). Vergleichende Experimente mit dem Hämadromometer fehlen noch, und Volkmann gibt uns nur eines am Hund, das für die Jugularvene eine Secundengeschwindigkeit von 6,8'' ausweist. Nimmt man dazu noch den Einfluss der Aspiration, so mag die Geschwindigkeit des venösen Bluts in der unmittelbaren Herznähe dieselbe sein, wie die des Arterienblutes in den grossen Stämmen.

Wenn wir ein Zeitmass für einen Blutumlauf angedeutet haben, so sollte damit nur ein allgemeiner Ausdruck gegeben werden; denn die Zeit der Rückkehr eines namhaft gemachten Blutbestandtheils, meinetwegen eines bestimmten Blutscheibchens, wechselt nach verschiedenen Bedingungen. Zuerst kömmt hier in Betracht die Länge der Blutbahn. Der Kreislauf der Herzgefässe ist natürlich viel kürzer, als der durch die Schenkelarterien vermittelte, und wird sich

sonach in kürzerer Zeit vollbringen. Ferner muss durch die Ausmündung des Körpervenensystems, welches dreimal so viel Blut fasst, als das arteriöse, diese dreifache Menge gehen, auf welche demnach für jede Contraction des rechten Ventrikels nur ein Drittel des Bluts entfällt, das durch die Aorta den Organen zugeströmt ist; zwei Drittheile erleiden also verschiedene die Umlaufszeit dehnende Verzögerungen, welche ohne Zweifel den Ernährungs- und Umsatzprocessen zu statten kommen. Und endlich müssen bei der Geschwindigkeit der einzelnen Bluttheile alle die beschleunigenden und hemmenden Momente in Rechnung genommen werden, deren wir bei dem Kreislauf in den Arterien, in den Capillaren, in den Venen, in der Pfortader und in den erectilen Geweben Erwähnung gethan haben. Kein Wunder, dass bei der Combination so vieler grossentheils rein unmessbaren Factoren das Resultat der Rechnung kein sicheres ist.

Fünftes Kapitel.

Die Respiration.

Im Kreislauf sahen wir das arteriöse Blut nach den Organen strömen und in den Capillaren durch die Processe des Anbaus und Stoffwechsels zu venösem Blut sich umsetzen, das wieder zum Herzen zurückkehrt, um nun nach den Lungen befördert und da aufs neue in arteriöses Blut umgewandelt zu werden. Der letztere Act ist die Aufgabe der Respiration; er geht unter Aufnahme von Sauerstoff neben Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser vor sich und hat seine Hauptwerkstätte in den Lungen, allerdings nicht ausschliesslich, da in geringem Mass der nämliche Process auch auf der äussern Haut, auf der Schleimhaut des Darmkanals und selbst in dem Muskelgewebe vor sich geht, sofern auch der des Bluts beraubte und vom Organismus abgetrennte Muskel Sauerstoff absorbiert und Kohlensäure aushaucht, so lang seine Contractilität erhalten bleibt. Bei den Pflanzen findet das umgekehrte Verhältniss statt, indem sie die Kohlensäure aufsaugen und dafür Sauerstoff von sich geben, während sie zugleich unter der Einwirkung des Lichts die Kohle in Brenn- und Nährstoffe umwandeln.

Die atmosphärische Luft dringt durch Mund- und Nasenhöhle, dann durch die Luftröhre in die Lungen, in welchen sie nach dem Durchgang durch die gedachten Leitungswege in einem Mass erwärmt anlangt, das der Wärme des Lungengewebes nahe steht. Dort tritt sie mit einem Capillarnetz, welches die unzähligen Verzweigungen und Ausbuchtungen der Bronchien, Bronchiolen, Läppchen und Lungenbläschen, deren Bau die Anatomie kennen lehrt, in Berührung. Das Capillarnetz der Lungenbläschen ist von der Luft nur durch eine dünne Schicht Pflaster-epithel geschieden, während in den weiteren Kanälen bis in die Nasenhöhle hinauf sich ein gewimpertes Flimmerepithel befindet, dessen Cilien vielleicht die Staubtheile der eindringenden Luft zurückzuhalten, ausserdem aber die Bestimmung haben, Schleimpar-

tikelchen nach oben zu schaffen. Betrachten wir zunächst die

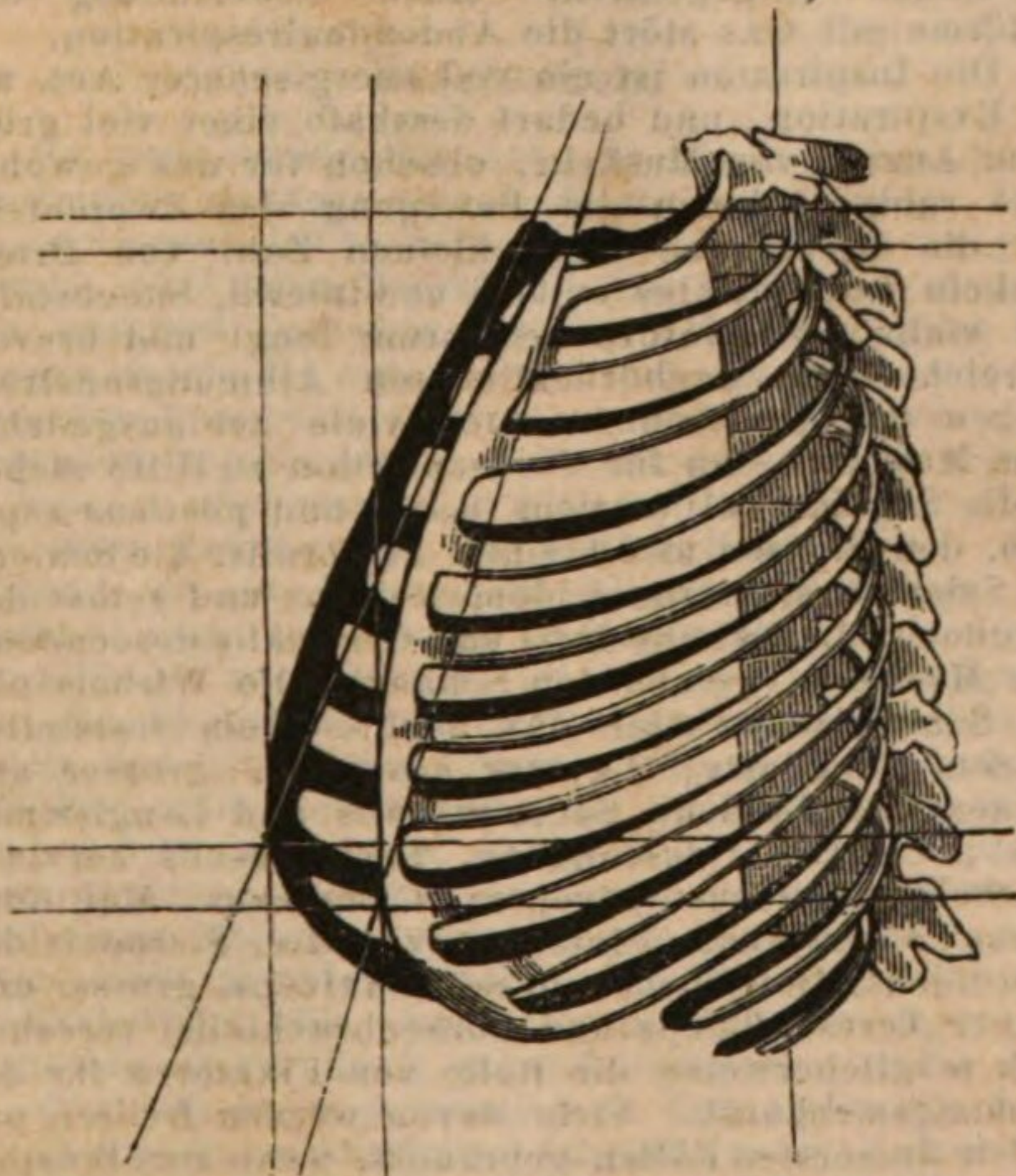
Athmungsmechanik.

Die Einführung der Luft in die Lungen geschieht durch die

Inspiration,

welche in der Weise vor sich geht, dass in dem Brustkorb eine virtuelle Leere geschaffen wird, welche die äussere Luft auf dem Wege, der ihr dazu freisteht, auszufüllen sucht. Dies wird erzielt durch die Erweiterung des Brustkorbs, dem dann die luftdicht eingelassenen und durch ihr äusseres Umhüllungsblatt mit seinen Wandungen verwachsenen Lungen folgen müssen. Die Erweiterung in den Breitendurchmessern wird durch die Hebung der an der Wirbelsäule beweglich eingelenkten und durch das Brustbein zu gemeinsamer Thätigkeit gezwungenen Rippen bewirkt, wobei, wenn die Inspiration mit grosser Energie vollbracht wird, die Elasticität der Knorpelansätze ein gewisses Mass von Steigerung zulässt. Wie auch die von einer Seite zur andern laufenden Durchmesser eine Verlängerung gewinnen, kann man sich gut an ein paar Reifstücken versinnlichen, wenn man sie

Fig. 18.



abwechselnd in die von Fig. 18 schwarz oder weiss markirten Lagen bringt und bei der Hebung sie so

dreht, dass die glatte Innenseite voll nach innen zu stehen kömmt. Den Höhendurchmesser, der durch die Hebung und Erbreiterung des Brustkorbs in Nachtheil kommt, vergrössert das Zwerchfell, das durch die Zusammenziehung seiner Fasern eine nicht völlige, aber doch ansehnliche Abplattung der halbkugeligen Wölbung bewirkt. Hiedurch wird für die tiefe Inspiration eine sehr ansehnliche Vergrösserung des Brustraums gewonnen, jedoch nur im Verein mit anderen Inspirationsmuskeln, welche den Rippenkorb fixiren müssen; denn operirte das Zwerchfell allein, so wäre die einzige Folge davon die Tendenz, seine beweglichen Anheftungspunkte gegen die Wirbelsäule hin zu ziehen. Während das Zwerchfell sich anspannt und niedersteigt, drängt es die Baueingeweide abwärts; man sieht desshalb beim Einathmen die vordere Bauchwand sich erheben, beim Ausathmen zurücksinken.

Bei den gewöhnlichen Inspirationsbewegungen des Menschen wirkt neben leichter Brustkorbhebung bloss das Zwerchfell; wo überhaupt dieses der Hauptträger der Erweiterung ist, heisst die Respiration eine abdominale, während man in Fällen, in welchen dieser Act vorzugsweise durch die Rippen bewirkt wird, von einer Costal- oder Pectoralrespiration spricht. Letztere trifft vorzugsweise bei Frauen zu, die, abgesehen von dem gewöhnten Schnüren, in ihr eine Art Ersatz für die Schwierigkeit finden, welche dem Niedersteigen des Zwerchfells nach dem von der Frucht ausgedehnten Bauch entgegentritt. Auch Ueberfüllung der Gedärme mit Gas stört die Abdominalrespiration.

Die Inspiration ist ein viel energischerer Act, als die Expiration, und bedarf desshalb einer viel grösseren Anzahl von Muskeln, obschon für das gewöhnliche ruhige Athmen die Bewegung des Zwerchfells und die Mitwirkung einer kleinen Zahl von Brustmuskeln (*Intercostales externi und interni, Subcostales* und vielleicht *Levatores costarum longi und breves*) ausreicht. Die nachdrücklicheren Athmungsanstrengungen dagegen können noch viele der ausgedehnteren Muskelmassen für die Inspiration zu Hilfe ziehen — die Sägemuskel (*anticus major und posticus superior*), den grossen und kleinen *Pectoralis*, die *Scaleni*, den *Subclavius*, *Sternocleidomastoideus* und selbst den *Cucullaris*, *Latissimus dorsi* und *Cervicalis descendens*. Alle Muskeln, welche den Schädel, die Wirbelsäule, das Schulterblatt oder das Schlüsselbein feststellen können (*Cucullaris, Levator scapulae, grosser und kleiner Rhomboideus, Sacrolumbalis und Longissimus dorsi, Cervicalis descendens, Transversalis cervicis, Trachelomastoideus, Biventer, Complexus, Multifidus spinae, Interspinalis, Intertransversalis, Sternocleidomastoideus, Deltoideus* und selbst *Triceps, grosser und kleiner Teres, Biceps und Coracobrachialis*) versehen auch möglicherweise die Rolle von Fixatoren für die Athmungsmechanik. Viele davon werden freilich nur in den äussersten Fällen gebraucht, wenn zum Beispiel ein Asthmatischer seine Athemnoth durch festes Aufstützen der Arme (Fixirung des Schulterblatts) zu erleichtern sucht.

Das Verhalten der Lungen während der Inspiration ist in mechanischer Beziehung ein rein passives. Da zwischen der Costal- und Visceralpleura sich keine Luft befindet, so folgt die äussere Lungenfläche den Bewegungen des Brustkorbs, als ob sie mit der Brustwand verwachsen wäre, und auch das elastische, schwammige Gewebe der Lunge gehorcht diesem Impuls. Wo eine Wunde die Höhle zwischen Lungen- und Rippenpleura öffnet, finden wohl auch die Brustkorberweiterungen statt, aber ohne Theilnahme der Lunge, indem jetzt einfach durch die Wundöffnung Luft in die Pleurahöhle tritt; erstreckt sich die Verwundung über beide Brustseiten, so entwickeln sich rasch die Erscheinungen der Asphyxie.

Damit der Zutritt der Luft kein Hinderniss finde, sind die Luftwege durch knöcherne und knorpelige Apparate gestützt, so die Nase durch knöcherne Wände und knorpelige Belege (man bemerkt an ihren Flügeln bei angestrenzter Inspiration auch die Thätigkeit von Inspirationsmuskeln, welche namentlich bei Kindern auf das Vorhandensein schwerer Lungenleiden schliessen lässt), der Eingang der Luftröhre durch das Knorpelgerüst des Kehlkopfs, die Luftröhre, die Bronchen und ihre Verästelungen durch knorpelige Ringe. Beständen die Luftwege bloss aus häutigen Kanälen, so würden sie in Folge des Atmosphärendrucks zusammenfallen und den Eintritt der Luft unpraktikabel machen. An der Stimmritze sind erweiternde Muskeln thätig, deren Lähmung häufig Asphyxie nach sich zieht.

Expiration.

So nennen wir den Act, in dessen Folge die in die Lunge eingegangene Luft wieder austritt. Dies geschieht zunächst vermöge der Elasticität des Lungengewebes, das beim Erschlaffen der Inspirationsmuskeln sein passives Verhalten aufgibt. Haben nämlich die Lungen durch die eingetretene Luft das entsprechende Mass von Spannung erlitten, so ziehen sie sich einer federnden Spirale gleich, die man nach der Streckung loslässt, wieder zusammen und treiben Luft aus. Möglich dass dabei auch die glatten Muskelfasern mitwirken; da es jedoch im Allgemeincharakter des letzteren liegt, nicht rasch und intermittirend, sondern nur allmählig zu agiren, so ist vielleicht die Thätigkeit der die Bronchenringe schliessenden Muskelbündel gleich den Cilien des Flimmerepithels mehr auf die Aufwärts- und Fortschaffung der Schleimbautausscheidungen berechnet. Der Ausstoss der Luft erfolgt mit einer gewissen Energie, die nach Valentin beim erwachsenen Menschen während des gewöhnlichen Athmens einer Quecksilbersäule von 1,8 bis 4,6'' das Gleichgewicht hält, bei Anstrengung aber sogar das zehnfache dieser Kraft entwickeln kann.

Obschon unter gewöhnlichen Umständen die Lungenelasticität auszureichen scheint, so wird doch gelegentlich auch die Mitwirkung von Expirationsmuskeln erfordert. Manche Autoren rechnen hieher die inneren Zwischenrippenmuskeln, welche den entgegen-

gesetzten Faserzug der äussern haben und nur an der vorderen Hälfte des Zwischenrippenraums angebracht sind (sie können in diesem Sinne nur wirken bei Fixirung der unteren Partien des Brustkorbs), desgleichen die unter ähnlichen Bedingungen stehenden, an die hinteren Rippenwinkel sich ansetzenden Unterrippenmuskel. Unbestrittener erscheint der Charakter der Expirationsmuskeln, welche, an der Wirbelsäule oder dem Becken fixirt, zu dem Brustkorb aufwärts steigen und somit durch ihre Verkürzung ihn herabziehen sich eignen — so die schiefen Bauchmuskeln (*externus* und *internus*), der *Rectus*, *Transversus* und *Pyramidalis*, der *Quadratus lumborum*, der *Serratus posticus inferior* und nach Umständen bei fixirtem Schulterblatt auch die oberen Bündel des *Serratus anticus major*. Der *Longissimus dorsi* und *Sacrolombalis* sind vermöge ihres schief von den Wirbeln zu den Rippenwinkeln oder nach dem Raum zwischen diesen Winkeln und der Rippenarticulation aufwärts steigenden Bündel Expirationsmuskeln. — Bei sehr angestregten Expirationsbewegungen können auch noch andere Muskeln in Mitthätigkeit treten, wenn für die verschiedensten Rumpfhaltungen die für die Expiration erforderlichen Fixationspunkte geboten werden sollen. In anderen Fällen wird die Expiration zu einer complicirten Erscheinung, welche das Zusammenwirken verschiedener Muskelkräfte nöthig macht — so bei der Stimmbildung und beim Singen, Thätigkeiten, in welchen der Strom der entweichenden Luft verstärkt, gedämpft, beschleunigt u. s. w. wird; bei der Bauchpresse, bei bedeutenden Muskelanstrengungen, bei welchen die Luft vorübergehend in der erweiterten Brusthöhle zurückgehalten und erst dann wieder ausgestossen wird, wenn die Anstrengung vorüber ist.

Einige Erscheinungen, die mit dem Respirationmechanismus zusammenhängen.

Die der Respiration dienenden Muskeln stehen zwar unter dem Einfluss des Willens, und man ist deshalb im Stand, das Athmen zu beschleunigen, zu verstärken oder für kleine Zeiträume ganz zu unterbrechen; doch ist das Athmungsbedürfniss ein so zwingendes, dass es bald mächtiger wird, als der Wille, der bei dem gewöhnlichen Respirationmechanismus keinen Einfluss übt, sofern derselbe im Wachen gemeinlich unbeachtet von sich geht und auch im Schlaf nicht stille steht. Das Athmungsbedürfniss, welchem wir in der Regel nicht länger als zwanzig bis dreissig Sekunden widerstehen können; hat seinen Ausgangspunkt im Nervensystem, und die an lebenden Thieren gemachten Experimente gestatten, den Sitz dieses Gefühls in das verlängerte Mark zu verlegen. Ein Thier, welchem man allmählig, schichtenweis von oben nach unten weiter arbeitend, das ganze grosse und kleine Gehirn abträgt, fährt fort zu athmen; erst wenn man in die Gegend kömmt, wo am verlängerten Mark die vordersten Wurzelfäden des zehnten Gehirnnervenpaares austreten, fällt es wie vom Blitz getroffen

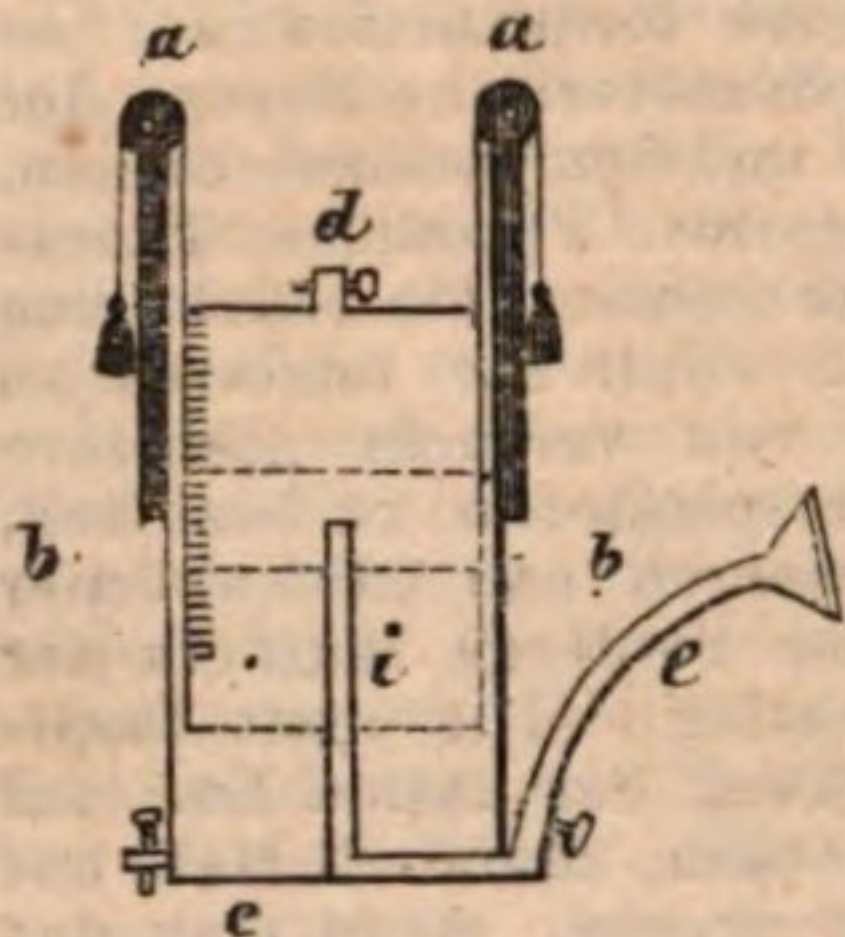
zusammen. Man hat dieser Stelle den Namen Lebensknoten gegeben; sie entspricht dem Punkt, wo der erste Halswirbel sich ans Hinterhaupt anlegt, und wenn man ein Thier plötzlich tödten will, sticht man hier ein Messer ein. Wir haben sonach die respiratorischen Bewegungen als eine Reflexaction zu betrachten, bei welcher als excitomotorische Nerven der Pneumogastricus, Trigeminus und Sympathicus dienen, während der Facialis, Accessorius, Phrenicus, Thoracicus posterior und die Intercostales die reflektirten Bewegungen vermitteln. Bell zählt die letzteren zu den respiratorischen Nerven und versucht alle ihre Ursprünge auf den Tractus respiratorius zu beziehen, den er zwischen die strickförmigen und Olivenkörper und zwischen die hinteren und vorderen Wurzeln der gewöhnlichen Spinalnerven verlegt. Die erste Inspiration soll durch die Einwirkung der kalten Luft auf den Trigeminus veranlasst werden; Marshall Hall hat bemerkt, dass sie verzögert wurde, wenn man das Gesicht des neugeborenen Kindleins mit warmen Bettkissen bedeckte. Durchschneidung des Pneumogastricus an beiden Seiten des Halses mindert die Athmungsbewegungen um die Hälfte; sie werden gedehnt, beschwerlich und nach einigen Tagen stirbt das Thier an langsamer, von ausgedehnten Lungenexsudaten begleiteter Asphyxie.

Die Zahl der Athemzüge hängt von dem Alter des Menschen, seiner Grösse, der Art seiner Beschäftigung, dem Schlafen oder Wachen, der Nahrung und noch anderen Momenten ab, die wieder zu der Zahl der Herzschläge in Beziehung stehen. Ein neugeborenes Kind athmet in der Minute 45—50, ein fünfjähriges 26mal. Im dreissigsten bis vierzigsten Lebensjahr schwankt die Zahl der Athemzüge zwischen 16 und 18, obschon sie geringer auszufallen pflegt, wenn man der Frequenz seiner Athemzüge Aufmerksamkeit schenkt. Im höhern Alter nimmt sie wieder etwas zu. Im Kindesalter gehen 3 bis $3\frac{1}{2}$, im Mannesalter 4 bis $4\frac{1}{2}$ Herzschläge auf einen normalen Athemzug.

Haben die Lungen einmal geathmet, wie beim neugeborenen Kinde geschieht, so lassen sie sich nicht mehr luftleer machen, und nach jeder, auch der angestrengtesten Expiration bleibt immer noch in denselben eine ansehnliche Menge Luft zurück, die man Residualluft nennt. Das Mass derselben nach der Leiche zu bestimmen, wäre unpassend, da hier die Lunge sich nicht in einem Zustand der grösstmöglichen Expiration befindet; sie ist beim erwachsenen Mann annähernd zu 1,2 bis 1,5 Litres (das Litre zu einer Champagnerflasche Hohlmass gerechnet) geschätzt worden. Was beim gewöhnlichen Athmen ab- und zuströmt, mag 0,44 bis 0,62 (wir können als Durchschnittszahl ein halbes Litre annehmen) betragen. Die Luft, welche wir nach der tiefsten Inspiration auszutreiben vermögen, gibt das Mass für die Vitalcapacität der Lungen, zu welcher wir noch die Residualluft rechnen müssen, wenn wir uns von dem vollen Fassraum der Lunge eine Vorstellung machen wollen. Um diese Vitalcapacität zu messen, hat

Hutchinson das sogenannte Spirometer erfunden, dem Wesen nach ein einfacher Gasometer (Fig. 19), respective einen unten geschlossenen Cylinder c, in welchem

Fig. 19.



der oben geschlossene und unten offene Cylinder d steckt. Der Apparat ist bis b b mit Wasser gefüllt, über welches die Röhre i hervorragt. Letztere communicirt mit der Mundstückröhre e. Die durch e i eingetriebene Expirationsluft erhebt den Cylinder d, an dessen Scala nach Verschluss des Hahns von e die Luftvolumina abgelesen werden können. Die Gleichheit der Spannung zwischen der innern und äussern Luft wird erhalten durch zwei

an Schnüren hängende Gewichte, die über die Rollen a geschlagen sind. — Unter Benützung dieses Apparats fand sein Erfinder, dass zwischen der Lungencapacität und der Körperlänge eines Menschen (nicht aber dessen Beieibtheit, da eine Verstärkung der letzteren eher wieder mindernd wirkt) ein constantes Verhältniss stattfindet, man daher aus diesem Factor einen Rückschluss auf die Capacität thun könne, welche der gesunden Lunge desselben Individuums zusteht. Ergibt der Versuch am Spirometer einen bedeutenden Abmangel, so wird die abnorme Beeinträchtigung des Fassraums als eine krankhafte und das Spirometer als ein werthvolles diagnostisches Erforschungsmittel angesehen werden können. Allerdings muss man dabei mancherlei störenden Einflüssen Rechnung tragen, z. B. der Völle des Magens, Angst u. s. w. Schnüren, ja selbst die Bekleidung wirkt beeinträchtigend. Herbst fand, dass ein nackter Mann 190 Kubikzoll Vitalcapacität besass, während er es angekleidet nur auf 130 brachte. Beim Mann beträgt die Vitalcapacität im Durchschnitt 240 Kubikzoll oder 4 Litres, während sie beim Weib kaum hälftig diese Ziffer erreicht; bei einer Höhe von fünf bis sechs Fussen nimmt sie für jeden Zoll Höhe um 8 Kubikzoll zu (bei 5' 1" 175, bei 5' 11" 265 Kubikzoll). Vom 15. bis 35. Lebensjahr steigt sie, vom 35. bis 65. Jahr nimmt sie wieder ab. Die Inca-Indianer, die in den Hochebenen der Anden eine sehr dünne Luft athmen, besitzen eine ungeheure Vitalcapacität. Hutchinson fand als Maximum der Vitalcapacität bei einem Mann von 7 Fussen und 308 Pfunden Gewicht 464 Kubikzoll, bei dem 29 Zoll hohen und 40 Pfund schweren Zwerg Don Francisco das Minimum mit 46 Kubikzoll.

Wir haben oben für die Residualluft bei dem erwachsenen Mann eine Durchschnittszahl von $1\frac{1}{2}$ Litre angenommen und können den angestellten Versuchen zufolge den Ab- und Zugang beim ruhigen Athmen zu einem halben Litre schätzen. Die mässige Füllung bei der Inspiration wird sonach 2 Litres ausmachen, von denen $\frac{3}{4}$ auf die schon vorhandene Luft

und $\frac{1}{4}$ auf die frischgeathmete kommen. Daraus ergibt sich unter Veranschlagung eines die Athmungszahl mindernden Moments (des Schlafs), dass binnen 24 Stunden ungefähr 12000 Litres Luft in die Lungen ein- und wieder ausgehen.

Schon das gewöhnliche Ein- und Ausathmen liefert Geräusche, welche das auf die Kehlkopfgegend gesetzte Hörrohr (Auscultation) mit Leichtigkeit erkennen lässt. Die Luft pfeift hier beim Durchtritt durch die Stimmritzenspalte, wobei die Resonanz des Kehlkopfs die Tönung verstärken kann. Haben sich Schleimmassen in den Luftwegen angehäuft, so entstehen Rasselgeräusche, während durch halb feste oder dichte Ablagerung bewirkte Verengerungen pfeifende oder zischende Geräusche ergeben. In durch Eiterung gebildeten grösseren Lungencavernen resonirt die Stimme, und wenn ein Theil der sich bewegenden äusseren Lungenfläche an unebenen Ausschwüngen hingeleitet, so kann man eigenthümliche Reibegeräusche vernehmen. Neben der Auscultation gibt auch die Percussion Aufschluss über gewisse Zustände der Lungen und anderer Eingeweide, indem Gewebsverdichtungen sich durch einen dumpferen, mit Luft erfüllte Räume durch einen helleren Ton beim Anschlag des Fingers kund thun.

Das Schnarchen ist das regelwidrige Resoniren von Luft in den Höhlen der Nase und des Schlundes und wird hauptsächlich durch das Vibriren des Gaumensegels bewirkt, während die übrigen Bedingungen der Respiration keine Alteration erleiden.

Das Gähnen besteht in einer langsamen und tiefen, bei weit offenem Munde vollzogenen Inspiration, welcher langsam und allmähig die Expiration folgt.

Das Schluchzen besteht aus kurzen Inspirationen, bei welchen das Zwerchfell stossweise krampfhaft sich contrahirt und die Stimmritze geschlossen wird.

Das Seufzen ist eine langsame, tiefe, meist durch den Mund erfolgende Inspiration, der eine ebenso beschaffene, von einem charakteristischen Ton begleitete Ausathmung folgt.

Das Lachen wird durch stossweis erfolgende Expirationen hervorgebracht, während zugleich Glottislippen und Gaumensegel vibriren.

Das Husten ist eine rasche, klangvolle, meist auf eine tiefe Inspiration folgende Expiration mit verengter Stimmritze. Die Stärke des Luftstroms ist hier im Stande, Hindernisse in den Luftwegen (Schleim u. s. w.) auszuwerfen.

Das Räuspern ist eine geräuschvolle, kräftige Expiration, welche Hindernisse aus den oberen Partien des Luftwegs auszustossen vermag; sie wird von Schwingungen des Gaumensegels und der Glottislippen begleitet.

Das Niesen wird durch einen Reiz in dem oberhalb der Glottis gelegenen Luftweg (Nasenkanal) eingeleitet und besteht in einer auf eine tiefe Inspiration folgenden raschen lauten, durch die Nase ausgestossenen Expiration, welche die Flüssigkeiten, auf die ihr Luftstrom trifft, in alle Richtungen schleudert. Das

Begleitungsgeräusch wird durch Glottisschwingungen hervorgerufen, die in der Nasenhöhle resoniren.

Der Gaswechsel in den Lungen.

Die Inspirationsluft verhält sich in chemischer Beziehung anders, als die Expirationsluft; die letztere ist reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff — die Inspiration hat also den Zweck, Sauerstoff ins Blut zu bringen, während die Expiration dazu dient, Kohlensäure daraus zu entfernen. Es hat ein Gasaustausch stattgefunden, und die Untersuchungen von Dalton, Graham und Draper geben uns einen interessanten Beleg von der Anwendung physikalischer Grundsätze auf die Physiologie. Dalton machte die Entdeckung, dass ein leichteres Gas, das über einem schwereren lagert, sich nicht ruhig verhält, sondern dass beide wechselseitig einander durchdringen, bis mit der erzielten Gleichmässigkeit Ruhe eintritt, und zwar geschieht die Durchdringung so, dass der Entdecker dieses Gesetzes illustrativ sagt, die Gase bereiten einander so wenig Hinderniss, als ob jedes in ein Vacuum eindringe. Man nennt diese Erscheinung die Diffusion der Gase, welche sich im Widerspruch mit dem Schwergesetz vollbringt. Ferner hat Graham gezeigt, dass trockene und chemisch indifferente Gase durch poröse Scheidewände hindurch sich im umgekehrten Verhältniss der Quadratwurzeln ihrer specifischen Gewichte mengen. Thierische Membranen, dünne Häute von Kautschuk oder Schellack, Seifenblasen sind andere Media, welche eine Diffusion gestatten. Draper weist nach, dass in Flüssigkeiten gelöste Gase gegen einander diffundiren, oder dass zwei Gase es durch eine Flüssigkeit hindurch thun, obschon es dann nicht nach dem Grahamschen Gesetz geschieht. Man wird sehen, dass aus diesen Grundsätzen der Austausch frischer Luft gegen sauerstoffärmere in den Luftwegen, der Eintritt von Sauerstoff ins Blut, der Austritt kohlensauren Gases aus dem Blut und der Austausch dieser Gase bei der Wasserrespiration sich erklären. Der Zucker, der so reichlich in die Lunge gelangt, mag ausser seinen chemischen Functionen auch die Osmose befördern, denn man findet, dass Thiere mit Wasserrespiration schnell sterben, wenn man sie in eine Zuckerlösung bringt.

Die Diffusionsquantitäten des Sauerstoffs und der Kohlensäure stehen in dem Verhältniss von 1,174 zu 1,000, und man vermuthete, die Respiration beruhe hauptsächlich auf dem Austausch dieser Gase, doch sind die Veränderungen während dieses Processes nicht so einfach. Das Volum der expirirten Luft verhält sich zu dem der inspirirten wie 99,5 zu 97,2, eine Differenz, die bei ersterer auf Rechnung der Wasserdämpfe und der grösseren Rarefaction durch die Wärme zu stehen kömmt. Nach Beseitigung des Wassers und Ausgleichung der Temperatur ist das Volumen der Expirationsluft geringer als das der Inspirationsluft im Verhältniss des Sauerstoffverlustes,

da die Kohlensäure nur das Volumen des in ihr enthaltenen Sauerstoffs einnimmt.

Die chemischen Veränderungen, welche bei der Respiration vor sich gehen, müssen aus den Veränderungen beurtheilt werden, welche die atmosphärische Luft durch ihren Aufenthalt in den Lungen erleidet. Die erstere enthält in Hundert

dem Volumen nach	dem Gewicht nach
Stickstoff 78,492	76,990
Sauerstoff 20,627	23,010
Kohlensäure 0,041	
Wassergas 0,840	

Die beiden letzteren Bestandtheile sind wechselnder Natur, das Wassergas in dem Mass meteorischer, die Kohlensäure im Verhältniss terrestrischer Einflüsse, doch zeigt der Kohlensäuregehalt in freien Räumlichkeiten nur unbedeutende Differenzen. Ziemlich constant findet sich in der Luft eine sehr geringe Menge von Ammoniak, das wahrscheinlich von den Zersetzungsprocessen organischer Körper, welche auf der Erdoberfläche vor sich gehen, herrührt.

Beim Austritt aus der Lunge zeigt sich die Respirationsluft in verschiedener Weise verändert. Zunächst bemerken wir in ihr eine höhere Temperatur, die natürlich nach der Temperatur der eingeathmeten Variationen zeigt. Bei grosser Kälte erreicht sie nicht die Höhe, wie wenn die äussere Wärme der des menschlichen Körpers nahe steht, obschon die Unterschiede viel geringer sind, als man glauben sollte. Die Temperatur der Exhalationsluft zeigt bei einer ruhigen Respiration und 8 bis 16° stetig eine Wärme von 28—30° und auch bei 0 noch immer 24°, es sei denn dass eine sehr beschleunigte Respiration der Luft keine Zeit liesse, sich zu dieser Höhe zu erwärmen.

Ferner ist die Expirationsluft reicher an Wasserdampf, und zwar um so mehr, je trockener die äussere Luft ist. Hat letztere bereits so viel Wasser, als sie aufnehmen kann, so kann sich die Expirationsluft nur mit dem von der erhöhten inneren Temperatur bedingten weiteren Quantum Wasserdampf belasten, und wo die gesättigte äussere Luft eine Temperatur von mehr als 30° hat, muss ebenso wie auf der Haut in den Lungen die Wasserausscheidung ganz unterbleiben, während an ihrer Statt Haut und Nieren stärker functioniren. Der bei der Expiration ausgeführte Wasserdampf kommt ebensogut aus dem Blut, als das Wasser in den Secretionsproducten, lässt sich indess nicht ausschliesslich für Rechnung der Lungen verwerthen, sofern die Luftröhre, desgleichen die Mund- und Nasenhöhle ihren Beitrag dazu geben. Bei den klimatischen Verhältnissen der gemässigten Zone kann man den Austritt von Wasserdampf durch die Luftwege im erwachsenen Mann im Durchschnitt täglich zu 26 bis 32 Lothen anschlagen.

Die wichtigste Veränderung übrigens, welche die Expirationsluft der Inspirationsluft gegenüber wahrnehmen lässt, ist das quantitative Verhältniss des Sauerstoffs und der Kohlensäure.

Brunner und Valentin haben unter Zugrundlegung

von 34 Beobachtungen gefunden, dass die expirirte Luft durchschnittlich auf 100 Volumina nur 16 Sauerstoff enthält, folglich aus der eingeathmeten Luft nahezu 5 Volumina verschwunden sind.

Dieselben Experimentatoren ermittelten aus 103, Vierordt aus fast 600 Beobachtungen, dass die Menge der in der Expirationsluft enthaltenen Kohlensäure im Mittel auf 100 Volumina 4% beträgt, während sie in der atmosphärischen Luft nur 0,04% ausmacht, ein Betrag, den wir in unserer Rechnung übersehen können.

Natürlich haben wir in den angegebenen Ziffern nur Zahlen, die aus einer gewissen Menge von Versuchen abgeleitet sind; denn die einzelnen Versuche lassen je nach dem Rythmus des Athmens und anderen einwirkenden Umständen sehr namhafte Unterschiede wahrnehmen. Bei sehr hastiger Respiration wird weniger Kohlensäure expirirt, gleichsam als habe sie keine Zeit, sich ordnungsmässig umzusetzen, während langsames Athmen, das die Luft länger in den Lungen zurückhält, ihre Ausscheidung erhöht und in demselben Mass auch die Absorption des Sauerstoffs steigert. Vierordt fand in der expirirten Luft bei 60 Athemzügen in der Minute nur 2,4, bei 11 Athembewegungen in derselben Zeit 4—6 Procent Kohlensäure, während ein Versuch von Horn, welcher nur alle Minuten einmal athmete, 7,4 Procent ergab.

Wenden wir die gedachten Durchschnittszahlen auf den Tagesumsatz an, so finden wir, dass ein erwachsener Mann aus den 12000 Litres atmosphärischer Luft, welche ihm binnen 24 Stunden durch die Lungen gehen (S. 99), 600 Litres Sauerstoff (44 Lothe) verbraucht und dagegen 480 Litres Kohlensäure (62 Lothe) abgibt. Diese 62 Lothe Kohlensäure gliedern sich in 17 Loth Kohlensäure und 45 Loth Sauerstoff, ein Verhältniss also, welches so nahezu den eingenommenen Sauerstoff in dem Verhältniss der Kohlensäure erscheinen lässt, als sich dies bei dem Gebrauch von runden Zahlen nur erwarten lässt. Allerdings zeigen sich hierin Schwankungen auf- oder abwärts, sofern der Sauerstoff nicht allein mit dem Kohlenstoff, sondern auch mit dem Wasserstoff, mit dem Schwefel Verbrennungsprodukte bildet und Kohlensäure noch auf anderem Weg, als die Ernährungsverbrennungen, nämlich durch Absorption aus dem Nahrungskanal in das circulirende Blut gelangen kann.

Betrachten wir den Vorgang des Gasumtausches etwas näher. Die in den Lungen enthaltene Luft wird in ihren tieferen Schichten zunehmend ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure und wohl auch an Wassergas. Dadurch entstehen Diffusionsströme von Kohlensäure und Wassergas in der Richtung von unten nach aufwärts, von Sauerstoffgas aber in der entgegengesetzten Richtung nach dem von Graham angedeuteten Zahlenverhältniss; ohne sie wäre es gar nicht denkbar, dass in einem Organ, das zu drei Viertheilen mit Luft erfüllt ist und in der Summe seiner Bronchialverzweigungen ein stetig sich erweiterndes Lumen gewinnt, das frisch eingetretene Viertel Luft in Contact mit den Wandungen der Lungenbläschen kommen könnte.

Diese Wanderungen geschehen auch ohne Athembewegungen, und durch sie wird im tiefsten Winterschlaf oder im Scheintod der minimale respiratorische Gaswechsel unterhalten, welcher mit knapper Noth genügt, das Lebensflämmchen nicht ganz erlöschen zu lassen, für die gewöhnlichen Athmungsbedürfnisse jedoch nicht ausreicht, da für diese eine activere Ventilation erfordert wird.

Ist nun auf solche Weise frisch eingetretener

Sauerstoff

mit den Wandungen der Lungenzellen in Contact gelangt, so macht sich zum Theil das Henry-Daltonsche Gesetz geltend, vermöge dessen es nur von dem grösseren oder geringeren Druck, respective der specifischen Schwere des über einer Flüssigkeit stehenden Gases abhängt, ob von dieser eine grössere oder geringere Menge verschluckt wird. Wir sagen zum Theil, sofern die meisten Flüssigkeiten nur eine geringe Absorptionsfähigkeit für Sauerstoff besitzen und die wirklich grosse Menge, welche vom Blut aufgenommen wird, nicht bloss aus dem Gesetze physicalischer Diffusion sich erklären lässt. L. Meyer nimmt deshalb an, dass der meiste verschluckte Sauerstoff chemisch an das Blut gebunden werde, wenn auch nur durch eine so schwache Affinität, dass er durch die Luftpumpe, durch schwache Erwärmung u.s.w. wieder ausgetrieben werden kann. Namentlich nehmen die Blutscheibchen viel mehr Sauerstoff auf als das Blutserum und bekunden dadurch ein anderes Verhältniss, als das rein physicalische; man glaubt, dieses Mehr habe seinen Grund in dem Umstand, dass der Sauerstoff als ozonisirter an das Hämatin trete, indem sich diese Form im normalen Blut durch ihre Reagentien nachweisen lässt. — Durch den Sauerstoff ist (neben Ausscheidung von Kohlensäure, von der wir nachher sprechen) in den Lungen das Blut arteriös geworden und hat statt der dunkeln Farbe eine scharlachrothe angenommen. Da diese Farbe sich in allen arteriösen Gefässen des grossen Kreislaufs kund gibt, so kann der Sauerstoff nicht schon in der Lunge zu Bildung von Kohlensäure verwendet werden. Die Bildungsstätte der letzteren ist in den Capillaren der Gewebe zu suchen, und da wir bloss die Ein- und Ausgangspunkte des ganzen Prozesses einer directen Untersuchung unterwerfen können, die Mittelglieder aber unserer Wahrnehmung sich entziehen, so mögen wir uns den Vorgang in doppelter Form denken. Einmal kann der Umsatz der Kohlenhydrate (respiratorischen Nährstoffe) in Kohlensäure und Wasser auf Kosten des eingeführten Sauerstoffs direct in den Capillaren vor sich gehen, sogar schon in denen der Lungen, wenn es anders seine Richtigkeit hat, dass der Zucker, welcher in den Lungenarterien noch zu finden, in den Lungenvenen verschwunden ist. Zweitens entwickelt sich auf Kosten des herbeigeführten Sauerstoffs in den Geweben selbst nach dem Mass ihrer Thätigkeit unter Entbindung von Wärme und Electricität aus den kohlenwasserstoffigen Bestandtheilen Kohlensäure und Wasser, wä

rend die stickstoffigen unter verschiedenen Abstufungen zu Harnstoff umgesetzt werden. — Es geht nun im Capillarsystem der Organe derselbe Gasumsatz (parenchymatöse Respiration) vor sich, wie wir ihn in den Lungen gesehen — frischer Sauerstoff tritt an die Gewebe, während das Blut die bereits gebildete Kohlensäure aufnimmt, das heisst, venös wird, um sich in den Lungen aufs neue in arteriöses Blut umsetzen zu lassen.

Die Ausscheidung der

Kohlensäure

aus dem Blut in die Lungenluft hängt nach Vierordt in letzter Instanz ab von dem Gegendruck der Kohlensäureatmosphäre in der Luft der Lungenzellen. Die Spannung der Kohlensäure des Lungencapillarbluts ist stärker als die Spannung der Kohlensäureatmosphäre in den Lungenzellen; desshalb entweicht den Diffusionsgesetzen gemäss Kohlensäure in die Lungenluft und zwar in desto grösserer Quantität, je reicher das Blut an Kohlensäure ist. Dieser grössere Reichthum findet seinen Ausdruck in dem erhöhten Athmungsbedürfniss, und man könnte sagen, die Einrichtung des der Athmung vorstehenden Nervencentrums habe den Zweck, den Kohlensäuregehalt des Bluts constant zu erhalten durch die Regulirung des Luftwechsels in den Lungen. — Die Menge der ausscheidenden Kohlensäure hängt wesentlich von dem Zustand der Ernährung ab, wesshalb es von Interesse ist, auf die Momente einen Blick zu werfen, welche einen mehr oder mindernden Einfluss üben. Die bekanntesten sind Alter und Geschlecht, äussere Temperatur, Menge und Beschaffenheit der Nahrung, Schlafen und Wachen. — Nach Gavarret und Andral athmet der Mann viel mehr Kohlensäure aus als das Weib, und zwar ist die Differenz im Alter zwischen 30 und 40 am stärksten. Beim Mann nimmt die Aushauchung der Kohlensäure zu bis 38, mit 40 beginnt sie abzunehmen, und im höchsten Alter beträgt sie nur noch so viel wie im 10. Lebensjahr. — Beim Weib steigert sich die Kohlensäureaushauchung bis zur Geschlechtsreife und wird dann stationär, da der Regelfluss einen Theil des nicht verbrannten Blutes periodisch entfernt. In der climakterischen Periode steigt sie wieder und nimmt dann wie beim Mann im höheren Alter ab. Bei Schwangerschaft oder krankhaft unterdrückter Regel findet eine zeitweilige Zunahme statt. Die geringere Ziffer beim Kind ist nur scheinbar, da sie, durch das Körpergewicht regulirt, eher höher ausfällt, wie sich auch von der stärkeren Thätigkeit der Ernährungsfunctionen und dem verhältnissmässig grösseren Nahrungsverbrauch erwarten lässt. — Warme Temperatur wirkt mindernd, Kälte steigernd. — Der Schlaf, in welchem Circulation und Athem langsamer gehen, mindert, ebenso der Schwächezustand in Folge von ungenügender oder schlechter Nahrung, von nervösen und hektischen Fiebern, die Cholera, der Winterschlaf der Thiere. — Im entgegengesetzten Sinne wirken exanthematische Fieber, chronische Hautkrank-

heiten, Anstrengung, Ernährung mit Kohlenhydraten, schwachgeistige Getränke, während andererseits Alkohol und gebrannte Wasser schon nach wenigen Augenblicken eine bedeutende Minderung der Kohlensäureausscheidung zur Folge haben. Duchek erklärt diese auffallende Erscheinung damit, dass alsbald nach der Einführung des Alkohols ins Blut, wie man schon aus dem Athemgeruch erkenne, seine Umwandlung in Aldehyde stattfinde, das an Verbrennlichkeit alle andern Blutelemente übertrifft, aber in viel grösserem Verhältniss, als bei der Verbrennung des Zuckers und Fettes geschehe, zur Oxydation des Wasserstoffs tendirt und somit zur Schonung anderer combustibler Blutbestandtheile, namentlich des Fettes beiträgt, woraus sich auch die Fettleibigkeit der Gewohnheitstrinker erkläre.

Nach E. Smith wird in feuchter Luft mehr Kohlensäure entwickelt, als in trockener; da ihm dies ein Mass für den Gewebeverbrauch abgibt, so schliesst er daraus auf die hygiänische Bedeutung eines trockenen Klimas. Inhalation von Chloroform setzt die Ausscheidung von Kohlensäure bedeutend herab.

Aus der Betrachtung des Verhaltens von Sauerstoff und Kohlensäure wird uns der Zweck des Athmens klar. Die Thätigkeiten des Organismus sind mit Verbrauch und Abnützung von Stoff verbunden und vollziehen sich unter Oxydations-, respektive Verbrennungserrscheinungen, wobei Wärme und Elektricität sich entbindet. Die Inspiration hat die Aufgabe, den für die Oxydation nöthigen Sauerstoff ins Blut zu schaffen, das ihn den Verbrennungsstätten zuführt, und dient somit der Erzeugung jener animalischen Wärme, welche für die meisten Lebensvorgänge so wichtig wird. Der Expiration ist vorbehalten, die Produkte der organischen Verbrennungen (verbrauchte Stoffe), unter diesen namentlich die Kohlensäure wieder auszuwerfen.

Stickstoffgas

erscheint in der Respirationsluft kaum anders, denn als Verdünnungsmittel des Sauerstoffs, und wird in demselben Mengenverhältniss wieder ausgeschieden, in dem er eingetreten ist. Wohl meinen einige Physiologen, dass der im Harn ausgeschiedene Stickstoff zu wenig sei, um den Einnahmen in stickstoffigen Nahrungsmitteln zu entsprechen, und daher das Deficit durch anderweitige stickstoffige Excretionsprodukte oder bei Insufficienz derselben durch wirkliche Stickstoffausscheidung beim Athmen gedeckt werden müsse. Voit und andere haben es indess wahrscheinlich zu machen gewusst, dass sämmtlicher aus der Nahrung in die Säfte übergegangene Stickstoff sich in Harnsäure umsetzt. Wenn es daher mit dem Mehr des Stickstoffs in der Expirationsluft seine Richtigkeit hat (jedenfalls könnte die Menge nur eine höchst unbedeutende sein), so dürfte er vielleicht am ehesten aus der atmosphärischen Luft stammen, die mit den Speisen verschluckt und in aufgelöstem Zustand mit diesen absorbirt wurde; der Sauerstoff fand in den

Gefässen die ihm entsprechende Verwendung, worauf der Organismus den zurückbleibenden Stickstoff, mit dem er nichts anzufangen wusste, durch die Lungen wieder ausstiess.

Andere Beimischungen der Expirationsluft.

Wenn man die Expirationsluft eine geraume Zeit durch Schwefelsäure streichen lässt, so bräunt sich die letztere, ein Beweis, dass die Wasserdämpfe eine Spur von organischer Materie mit sich führen; diese Materie hat bei stärkerer Anhäufung einen unangenehmen Geruch, ähnlich dem des Achselschweisses, und wird in vielen Krankheiten den Umstehenden sehr widerlich; wahrscheinlich ist sie auch die Trägerin mancher Ansteckungstoffe. — Auch andere üble Gerüche können sich der Athmungsluft beimengen, so das Aldehyde nach dem Genuss von Branntwein, das flüchtig riechende Princip des Knoblauchs, des Aethers, des Chloroforms, des Camphers, des Moschus und anderer Arzneistoffe. Der ammoniakalische Geruch dagegen, den man bisweilen im Athem bemerkt, stammt aus faulenden Eiweisskörpern, die entweder zwischen den Zähnen stecken geblieben sind, oder Bestandtheile der Zungen- und Zahnbelege bilden.

Haut- und Darmrespiration.

Die Ausscheidung von Kohlensäure findet überall statt, wo sie sich einem Contactgas gegenüber in höherer Spannung befindet, und es geht, wo atmosphärische Luft ihr gegenübertritt, wahrscheinlich ein Umsatz gegen Sauerstoff (eine wahre Respiration) vor sich. Die Sauerstoffaufnahme aus der Luft durch die Haut kann experimentativ dargethan werden, wenn man Frösche, denen man die Lungen ausgeschnitten, unter eine mit atmosphärischer Luft gefüllte und in Quecksilber stehende Glasglocke bringt. Wird nun die gebildete Kohlensäure mit Kalkwasser gebunden und die noch vorhandene Luftmenge auf ihren Sauerstoffgehalt untersucht, so entspricht die verschwundene Sauerstoffmenge nahezu derjenigen, welche in der producirten Kohlensäure enthalten ist. Ob sich die Luft, welche mit den Speisen verschluckt wird, in ähnlicher Weise verhält, oder ob hier nicht ein dem Wasserathmungsprocess analoger Vorgang stattfindet, indem die in den Nahrungsflüssigkeiten gelöste Luft ins Blut gelangt und der unfassbare Stickstoff durch die Lungen wieder ausgeschieden wird, ist nicht näher ermittelt, weshalb wir uns hierorts nur mit der Hautrespiration noch eines weiteren befassen wollen.

Der Gasaustausch auf der Haut, der bei den niedern Thieren eine so wichtige Rolle spielt und häufig der einzige Respirationsweg ist, erscheint beim Menschen sehr beschränkt, denn die dicke Haut hat einen hornigen Epithelüberzug, und die Luft tritt nur mit einem Theil der Blutmenge in mittelbaren Contact; deshalb kann dieser Respirationsprocess bei weitem nicht ausreichen, um dem Blut seine venösen Eigen-

schaften zu benehmen. Aus einer Reihe von Experimenten, die durch Scharling und Hannover angestellt wurden, hat sich ergeben, dass durchschnittlich der Oxydations- und Decarbonisationsprocess der Haut sich zu dem der Lungen wie 1:38 verhält.

Bedeutender ist die Wassererexhalation, die wir auch bei den Lungen als Begleitungserscheinung der Respiration wahrgenommen haben. Um ein Mass für sie zu finden, haben Lavoisier und Seguin sich nackt in einen Wachstuchsack gesteckt und die Lungenrespiration durch eine luftdicht in den Sack eingesetzte Röhre, welche mit dem einen Ende nach aussen ging, vollbracht; so wurden die Produkte der Lungenexhalation von denen der Hautausdünstung geschieden, und letztere konnte gewogen werden. Die Sättigung der im Sack eingeschlossenen Luft mit Wasserdampf beeinträchtigt allerdings die Vollgiltigkeit dieses Experiments, weshalb andere Forscher aus dem Gewichtsverlust einer nackten Person, deren Lungenexhalationsprodukte gesammelt und gewogen wurden, den Verlust durch die Haut zu ermitteln suchten. Man hat auf diesem Wege gefunden, dass das binnen 24 Stunden von der Haut ausgeschiedene Wasser ungefähr das Doppelte der von der Lunge exhalirten Menge, also ungefähr zwei Pfund beträgt. Natürlich finden auch hier wie bei der Kohlensäureausscheidung Schwankungen statt, welche hauptsächlich durch die hygroskopische Beschaffenheit der umgebenden Luft bedingt werden, und es wiederholt sich hier dasselbe Verhältniss, dessen schon bei der Lunge Erwähnung geschehen ist. Befindet sich die äussere Temperatur mit der des Körpers im Gleichgewicht und ist die umgebende Luft mit Wasser gesättigt, so unterbleibt jede weitere Wasseraufnahme, und die Verdunstung sistirt, allerdings nicht zugleich die Wasserausscheidung, die sich nun zum Unterschied von der dunstigen Exhalation in der tropfbaren Secretion der Schweissdrüsen geltend macht. — Ist dagegen die umgebende Luft dem Sättigungspunkt ferne, so geht die Haut- und Lungenexhalation energisch von statten, während andere wässerige Secretionsprodukte (in den Nieren) sich mindern. Warme Luft braucht mehr Wasser zur Sättigung; daher denn auch im Sommer die Exhalation, im Winter die Wasserausscheidung durch die Nieren stärker. Das Exhalationswasser, dessen Menge seine Schwankungen mehr den äussern physikalischen Verhältnissen verdankt, wird nur wenig von der Menge der eingenommenen Getränke beeinflusst; es dienen sonach die Nieren als Regulatoren für die ordnungsgemässe Durchfeuchtung der Gewebe.

Wenn man bei Thieren die Ausscheidungen der Haut durch Abrasiren des Körpers und einen dicken Firnissüberzug unterdrückt, so leben sie selten länger als sechs bis zwölf Stunden. Nach dem Tod sind die Gewebe und Organe wie bei Asphyxie mit schwarzem Blut überfüllt. Die Todesursache ist schwerlich in der Zurückhaltung des Wassers, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach in der Anhäufung der Kohlensäure zu suchen.

Athemhemmung durch Abhaltung der atmosphärischen Luft oder ungeeignete Gasarten.

Für die Dauer eignet sich nur die atmosphärische Luft, den Athmungsprozess zu unterhalten. Von den Bestandtheilen derselben ist es der Sauerstoff, welcher allein für die Respiration in Betracht kömmt, denn der Mensch erstickt, sobald ihm blos die übrigen Luftbestandtheile (Stickstoffgas und Kohlensäure) geboten werden. Man hat desshalb den Sauerstoff auch Lebensluft genannt, obschon er eigentlich nicht dem Anbau, sondern dem Abbau dient, sofern er es ist, der stetig an dem Organismus zehrt und in den animalischen Verbrennungsprocessen ihn aufbrauchen hilft. Die mässige Beimischung, wie sie die Atmosphäre bietet (dem Volumen nach etwa ein Fünftel) ist von grossem Belang; denn wenn man ein Thier in reinem Sauerstoffgas athmen lässt, so gewinnt die Lebensthätigkeit bald eine fieberige Steigerung, und es treten unter excessiver Kohlensäurebildung Erscheinungen von Blutstase in den Lungen ein, die mit Erstickung drohen. Eine künstliche Luft, die zwei bis dreimal mehr Sauerstoff enthält, als die normale, bewirkt bei Thieren zwar keine Beschwerden und auch keine Veränderung der Respirationsprodukte; doch ist eine solche Abweichung von den gewöhnlichen Grenzen an beschränkte Zeitbedingungen gebunden, und man weiss daher nicht, wie die Alienation auf die Dauer wirken müsste. — Für einige Minuten lässt sich auch der Sauerstoff durch Stickstoffoxydulgas (das sogenannte Lust- oder Lachgas) ersetzen; doch wirkt dasselbe berauschend und bei langer Einwirkung erstickend. Die Respirationsprodukte sind Kohlensäure und Stickstoff; es geht sonach die Respiration auf Kosten des in diesem Gas enthaltenen Sauerstoffs vor sich.

Stickstoffgas und Wasserstoffgas werden für die Respiration wegen des Mangels an Sauerstoff schädlich. In einer reinen Atmosphäre des einen oder des anderen dieser Gase tritt sogleich Athemnoth ein; das Blut läuft venös aus den Lungen, und nach 2—3 Minuten hört der Herzschlag auf (Asphyxie). Es wird Kohlensäure aus dem Blut ausgeschieden und Stickstoff oder Wasserstoff absorbirt, aber nur in geringen Mengen. Mengt man Sauerstoffgas und Wasserstoffgas in den Volumenverhältnissen des Sauerstoffs und Stickstoffs in der atmosphärischen Luft, so scheinen Thiere sich in einem solchen Gemenge eben so wohl zu fühlen, wie in der letzteren.

Manche Gasarten sind positiv schädlich, entweder weil sie bei der Aufnahme ins Blut Zersetzungen bewirken, oder weil sie wirkliche Gifte sind. Unter die erstere Kategorie gehören Chlor, Jod, Brom, Ammoniak, salpetrige Säure; auch veranlasst ihre reizende Beschaffenheit schon in geringer Menge starke Schleimhautsecretion, Entzündung, Husten, Glottiskrampf.

Unter die giftigen Gase zählen wir die Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohle, Schwefel, Phosphor und Arsenik, ferner das Kohlenoxydgas und die Kohlensäure. Das Kohlenoxydgas, dieses Produkt einer unvollständigen Verbrennung, ist bei weitem der giftigste Bestandtheil des so deletären Kohlendunstes, welcher häufig zu Selbstmord benützt wird, und eine Beimischung von 5 Procenten reicht schon zu, jede Luft unathembar zu machen. In geringeren Mengen bewirkt es Convulsionen, Schwindel, Ermattung, Kopfschmerz, Bewusstlosigkeit und fast gänzlichliches Aufhören des Pulses; nur energisches Einblasen von atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas vermag einen so befallenen zu retten. Das Kohlenoxydgas färbt das Venenblut hellroth, wobei die Blutscheibchen, ohne dass sich ihre Form veränderte, die Fähigkeit verlieren, durch Sauerstoff oder Kohlensäure weitere Farbenveränderungen zu erleiden.

Die Kohlensäure ist jenes Athmungsprodukt, welches vornämlich in von Menschen überfüllten Räumlichkeiten die Luft schädlich macht. Nach Davy ist eine Luft, die 40 % Kohlensäure enthält, tödtlich und nach Bernard sterben Thiere schon in einer Atmosphäre, welche 12 bis 18 % Kohlensäure enthält. Eine mit $\frac{1}{3}$ Kohlensäuregas gemengte Luft übt anfangs keine merkliche nachtheilige Wirkung; allmählig aber entsteht Kopfschmerz, Vollheitsgefühl in Schläfe und Hinterhaupt, Schwindel, grosse Muskelschwäche, Brustbeklemmung, Angst, Herzklopfen, Ohrensausen, Gesichtstäuschungen, Schläfrigkeit, Schlafsucht, Bewusstlosigkeit, Ohnmacht und endlich unter Delirien, Convulsionen und Erbrechen apoplektischer Tod. Die Section ergibt Ueberfüllung der Cerebralgefässe mit Blut und seröse oder blutige Extravasate im Gehirn. Anhäufung der Kohlensäure in abgesperrten, nicht gelüfteten Wohnräumen wirkt in dem Mass ihrer Erfüllung mit Kohlensäure schädlich und kann in Kellern, in welchen zuckerhaltige Substanzen gähren, plötzlichen Tod herbeiführen. Dass diese Erscheinungen wirklich Folge von giftiger Einwirkung und nicht einer geminderten Sauerstoffzufuhr sind, geht aus dem Umstand hervor, dass bei Thieren auch eine Beimischung von Sauerstoffgas in gleichem oder stärkeren Verhältniss, als sie die atmosphärische Luft bietet, die tödtliche Wirkung nicht hindert. Einen noch direkteren Beweis dafür liefert Rolando, der bei einer Landschildkröte den einen Bronchus unterband ohne nächste Gefahr für das Thier; doch starb es bald, wenn er durch den einen Bronchus Kohlensäure und durch den anderen atmosphärische Luft in die Lungen aufnehmen liess. Reine Kohlensäure kann gar nicht eingeathmet werden, indem sie alsbald krampfhaften Verschluss der Glottis und somit die Erscheinungen einer mechanischen Versperrung der Luftwege bewirkt.

Bei Abhaltung der atmosphärischen Luft zu den Lungen stockt die Blutbewegung in ihren Capillaren fast augenblicklich und das rechte Herz sowohl, als das ganze venöse System überlädt sich mit dunklem Blut, während ins linke Herz und in die Arterien nur spärlich nicht oxydirt Blut eintritt. Wenn man den

Gasaustausch in den Lungen als die Hauptursache der Circulation betrachtet, so erklärt sich die Asphyxie (Pulslosigkeit) recht wohl aus der Unterbrechung desselben, wie auch ihre Hebung bei rechtzeitiger Neueinführung von Luft oder noch besser von Sauerstoffgas. Die Stagnation der Blutscheibchen unter dem Einfluss von Kohlensäure hat Wharton Jones am Froschfuss nachgewiesen und glaubt die Erscheinung aus einer durch dieses Gas bewirkten Vergrößerung der Blutscheibchen, durch welche das Lumen der Capillaren für sie impermeabel wird, erklären zu dürfen (?). — Eine andere Anschauung erklärt sich den Tod des Erstickens in folgender Weise. Wenn der freie Zutritt der atmosphärischen Luft gehindert (beim Stranguliren) oder gänzlich unterdrückt ist (beim Ertrinken), so kann sich das venöse Blut beim Durchgang durch die Lungen seiner Kohlensäure nur unvollständig oder gar nicht entledigen; sie cirkulirt daher in sich steigender Anhäufung in den Arterien, welche nur einfaches Venenblut führen, das lähmend auf die Nerven wirkt und daher nicht geeignet ist, die Functionen derselben zu unterhalten. Zunächst erscheinen Sinnesstörungen, dann Bewusstlosigkeit, kraftvolle oft länger anhaltende und später von grösseren Pausen unterbrochene Athembewegungen und allgemeine Krämpfe; dabei wird der Herzschlag immer träger; das Blut stockt in den Lungengefässen, weil von dem matt sich contrahirenden Herzen immer weniger aufgenommen wird, und endlich hört das letztere ganz auf zu schlagen.

Beim Ertrinken tritt der Tod schneller ein, als bei blosser Luftabhaltung aus anderen mechanischen Ursachen. Thiere, die man in eine Atmosphäre von Stickgas oder Wasserstoffgas bringt, leben länger, als solche, die man im Wasser untertaucht, indem bei letzteren die Abwesenheit von Luft, die Vergiftung durch Kohlensäure und der Eintritt von Wasser in die Luftwege zusammenwirken. Man kennt Fälle von Personen, welche kaum eine Minute im Wasser lagen und nicht mehr ins Leben zurückgerufen werden konnten. Durch Uebung lässt sich dahin bringen, den Athem auf eine kurze Zeit zu unterdrücken, und man weiss, dass geschickte Taucher bis zu drei Minuten unter Wasser bleiben konnten, ohne davon Schaden zu nehmen; doch scheint dies die äusserste Grenze zu sein, und ein Mensch, der vier oder fünf Minuten im Wasser gelegen hat, wird nur selten wieder ins Leben gebracht. Wo man gar nach längern Fristen im Wasser Verunglückte noch rettete, ist dies bloss aus dem Umstand zu erklären, dass die betreffende Person ohnmächtig im Wasser anlangte. In der Ohnmacht oder im Scheintod macht das Herz nur zitternde Bewegungen, welche das Blut nicht weiter zu treiben vermögen. Der Eintritt der Kohlensäure in den arteriellen Blutlauf unterbleibt also, und die Lungen können unter solchen Verhältnissen in und ausser dem Wasser ihre Thätigkeit geraume Zeit einstellen.

Wo die Ernährungsprocesse rascher von statten gehen und sich bedeutendere thierische Wärme entwickelt, tritt auch der Erstickungstod rascher ein.

Säugethiere und Vögel sterben früher als die Kaltblüter (Reptilien, Fische, Mollusken), die tage- und selbst wochenlang eine mehr oder weniger vollständige Luftentziehung ertragen. An Fröschen und Kröten ist durch Versuche nachgewiesen, dass sie, in die Erde gegraben oder in poröses Gestein eingeschlossen, mehrere Jahre ohne Nahrung leben können; dagegen sterben sie, wo jegliche Luft ausgeschlossen ist, und die angeblichen Beobachtungen, dass solche Thiere Jahrhunderte in massivem Gestein gelebt haben sollen, gehören in das Bereich der Fabel.

Sechstes Kapitel.

Die thierische Wärme.

Die leblosen Naturkörper passen ihre Temperatur den sie umgebenden luftartigen, tropfbarflüssigen oder festen Medien an und können sonach künstlich erkältet oder erwärmt werden. Anders verhält sichs mit den Thieren, denn sie zeigen sich insgesamt fast unter allen Verhältnissen in einem Zustand, welcher mit dem Wärmemass ihrer Umgebung nicht ganz im Gleichgewicht steht, oft sogar in sehr hohem Grad von demselben abweicht. Wenn das Wasser, in welchem sich Infusionsthierchen befinden, gefriert, so werden diese nicht sogleich zerstört, sondern jedes lebt noch eine Weile in einem kleinen, nicht erstarrten Raume fort und liefert damit den Beweis, dass es Eigenwärme ausstrahlt. Bei den Fischen macht der Wärmeunterschied ihres Bluts gegen das Wasser, in dem sie leben, einen halben oder einen ganzen Thermometergrad aus, während bei den Lurcheu unter mittlerer Temperatur dieselbe kleine Differenz, bei niederem Wärmegrade aber eine sehr ansehnliche bemerkt wird. Die höchste Eigenwärme findet sich bei den Vögeln und bei den Säugethieren, bei ersteren zwischen 32—35, bei letzteren zwischen 29—32 °. Diese beiden Klassen haben die weitere Eigenthümlichkeit, dass ihre Eigenwärme auch durch sehr bedeutende äussere Temperaturveränderung nicht wesentlich beeinflusst wird und sich im Winter nahezu ebenso verhält wie im Sommer; bei den anderen Klassen dagegen wechselt die animalische Temperatur mit den Wärmegraden des umgebenden Mediums, wesshalb Bergmann statt der frühern Eintheilung der Thiere in Kaltblüter und Warmblüter die Bezeichnung „wechselwarme“ und „gleichwarme“ vorgeschlagen hat.

Betrachten wir nun diese Wärme in ihrer Erscheinung am Menschen und, sofern sich vergleichende Thatsachen daraus erheben lassen, bei den Säugethieren etwas näher; sie verdient es um so mehr, weil alle Lebensprocesse unter ihrem Einfluss vor sich gehen. Sie ist das Küchenfeuer, welches im Organismus die Nährstoffe zur Lösung bringen hilft und zur

Aufnahme in die Säfte vorbereitet, zugleich aber auch der Heizapparat, welcher mechanische Kräfte in Bewegung setzt. Die Wärme verrichtet nämlich auch mechanische Arbeit, und J. R. Mayer hat zuerst gezeigt, dass die Wärme, die erfordert wird, ein bestimmtes Gewicht Wasser um $0,8^{\circ}$ R. höher zu temperiren, auch im Stande ist, dasselbe Gewicht um 1200 Fuss zu erheben, während andererseits eine Arbeitskraft von 1200 Zollpfunden erforderlich ist, um ein Pfund Wasser um gedachte $0,8^{\circ}$ höher zu temperiren. Die Wärmeeinheit hat sonach die einer bestimmten Arbeitsgrösse, ein mechanisches Aequivalent, das in der Ruhe sich als Wärme äussert, beim Ueberwinden von Widerständen aber verzehrt wird, obschon die Arbeit wieder auf die respiratorische Thätigkeit zurückwirkt und mit ihr die Wärme steigern hilft. Denn in letzter Instanz sind stets die chemischen Processe, welche durch den Sauerstoff der Inspiration eingeleitet werden und als Verbrennungen bezeichnet werden müssen, die einzigen Quellen der thierischen Wärme.

Die letztere Ansicht, welche zunächst von Lavoisier aufgestellt wurde, ist ihrem Wesen nach auch die noch heute recipirte. Die thierische Wärme wird bewirkt durch die Verbrennung der Nährstoffe und der Gewebe, welche durch die parenchymatöse Respiration (S. 104 u. 105) eingeleitet wird. Der Brennstoff besteht hauptsächlich aus Kohle und Wasserstoff, aus Stickstoff und in geringem Mass aus Schwefel und Phosphor, er wird einmal von den Geweben geliefert, die in dem Moment ihrer Arbeitsleistung untergehen, und dann von jenen Nährstoffen, welche reich an Kohle und Wasserstoff sind (Fett, Zucker). Man hat die durch den Oxydationsprocess gebildete Wärmemenge zu berechnen gesucht und dabei zur Grundlage den in einer bestimmten Zeit verbrauchten Sauerstoff genommen, welchen man mit der Wärme verglich, die er im directen Versuch bei der Verbrennung der Kohle und des Wasserstoffs lieferte (der Stickstoff, der kein directes Verbrennungsmaterial ist, musste dabei ausser Acht gelassen werden). Dulong und Despretz, welche sich hauptsächlich mit diesen Untersuchungen beschäftigten, fanden nun wohl, dass die thierische Wärme ihre Hauptquelle in den organischen Verbrennungsprocessen haben musste, gleichwohl aber keine vollständige Deckung der Calorimeterwerthe durch die genannten Oxydationsprodukte, indem sich ihnen ein zu niedriger Wärmesatz theils nur um einige Procente, bei Fleischfressern aber bis zu $\frac{1}{4}$ der von dem Thier wirklich abgegebenen Wärme ergab. Sie glaubten das Deficit mit der Reibung des Bluts an den Gefässwandungen, mit der Reibung der Muskel, mit dem wärmeentbindenden Uebergang von Flüssigkeiten in feste Gewebe, mit dem Nerveneinfluss u. s. w. ergänzen zu können; doch sind diese Momente entweder zu geringfügig, oder rein nichtig. Eher könnte vielleicht der ozonisirte Sauerstoff die vom Organismus erzielte höhere Wärmeziffer begründen. Die Rechnungsaufgabe ist jedoch nicht so einfach. Die Verbrennungswärme ist

nämlich nicht genau dieselbe, wenn der verbrennende Kohlenstoff frei oder als ein mit anderen Elementen verbundener Körper auftritt; ja, selbst der Aggregatzustand der freien Kohle ist von Einfluss, sofern z. B. Holzkohle mehr Wärme gibt als Graphit. Man kann daher von der Vergleichung der Wärmemasse nur ein annäherndes Resultat erwarten.

Das Mass einer von einem Körper gebildeten Wärmemenge lässt sich durch das Calorimeter bestimmen. Lavoisier wandte für physicalische Zwecke zuerst das Eiscalorimeter an, das die Menge geschmolzenen Eises mit der für die Schmelzung erforderlichen Wärmemenge vergleichen lässt. Rumfords Wassercalorimeter misst die Temperaturzunahme, welche eine bestimmte Menge destillirten Wassers in Folge der Aufnahme der fraglichen Wärmemenge erfährt. Der Apparat, der von Dulong und Despretz benützt wurde, besteht aus einem kupfernen Behälter für das Versuchsthier, der in einen Blechkasten zu stehen kömmt: der Raum zwischen beiden Behältern wird mit Wasser ausgefüllt. Eine kurze Röhre leitet dem Thierkasten Luft zu, während eine lange, vielfach gewundene Bleiröhre die durch das Thier erwärmte Luft ausführt und deren Wärme an das Wasser abgibt. Ein Aspirator sorgt für einen gleichmässigen Luftstrom und eine Agitationsvorrichtung für gleiche Vertheilung der Temperatur im Wasser des Calorimeters. Die aus dem Kasten ausgeführte, durch die Respiration veränderte Luft wurde chemisch analysirt. Die Versuchszeit war bei Despretz $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden, während welcher das Thier (Hund, Kaninchen u. s. w.) eine Masse von ungefähr 25 Kilogrammen um $0,4-1^{\circ}$ R. höher erwärmte. In einem dieser Versuche bildete eine Hündin in einer Stunde 16410, in vierundzwanzig Stunden also 393,000 Calorien. Das siebenmal höhere Körpergewicht des Menschen liess für 24 Stunden etwa 2,700,000 bis 2,800,00 Calorien*) erschliessen, die man wohl für geeignet hält, neben den ständigen Ausgaben durch Ausstrahlung, Wasserverdunstung auf der Haut und in den Lungen, Erwärmung der Athemluft und der Speisen, Wärme der Secreta, den Körper um die Differenz seiner Eigentemperatur und der äussern zu erwärmen, um so mehr, da Bekleidung, Heizung und Nahrungseinnahme als Regulatoren dienen.

Oscillationen der thierischen Wärme. — Wir haben oben gesagt, die Wärme bleibe bei den höheren Thieren so ziemlich unverändert unter den äusseren Verhältnissen — nur so ziemlich, denn es finden aus äusseren und inneren Bedingungen gewisse in beschränkten Grenzen spielende Oscillationen statt. Als in die Natur hineingestellter Körper hat der Mensch nach allgemein physikalischen Gesetzen das Streben, seine Temperatur mit der seiner Umgebung ins Gleich-

*) Unter einer Calorie versteht man conventionell diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 Gramm Wasser um 1° C. ($0,8$ R.) höher zu erwärmen. Die obigen Calorienmengen würden also ausreichen, um 27 bis 28 Kilogramme Wasser zum Sieden zu bringen.

gewicht zu bringen und an die kältere Luft von seiner Wärme abzugeben; soll also der höhere Stand der Eigenwärme erhalten bleiben, so muss sie stetig erneuert und das durch Ausstrahlung Verlorene wieder ersetzt werden. Es ist auch begreiflich, dass diejenigen Körpertheile, welche mit der kälteren Umgebung in Berührung stehen, nicht ganz dieselbe Temperaturhöhe zeigen können, als die, welche sich in einer geschützteren Lage befinden, und man hat die betreffenden Unterschiede erfahrungsmässig durch An- und Einbringen von Thermometern und thermoelectrischen Nadeln zu ermitteln gesucht. Aus diesen Untersuchungen ergibt sich, dass das Blut, namentlich das aus den Bauchorganen dem Herzen zuströmende Venenblut (Lebervenen) die grösste Wärme besitzt; im rechten Herzbeutel kühlt es sich schon etwas ab um der unmittelbaren Nähe des Arterienblutes willen, das durch die Berührung mit der Athmungsluft in der Lunge einiges von seiner Wärme eingebüsst hat. Die Wärmeabnahme des Bluts mehrt sich, je näher seine Kanäle gegen die Oberfläche (die Haut) rücken und dadurch dem abkühlenden Einfluss der Atmosphäre zugänglicher werden. Niedriger als im Blut steht die Temperatur in den Geweben des Körpers, und auch hier um so mehr, je gefässarmer sie sind und je näher sie der Oberfläche liegen, namentlich wo diese einer schützenden Kleidung entbehrt. Hände und Füsse sind gewöhnlich um 4 oder 5 Grade kälter, als die centralen Theile (nicht über 26 Grade), während die Temperatur in der Achselhöhle 29, in der Mundhöhle 30, in der Harnblase 30 bis 31 Grade beträgt. Eine Durchschnittsberechnung der an verschiedenen Körpertheilen genommenen Messungen ergibt für den Menschen eine Mittelzahl von 30 Grad Reaumur.

Diese Allgemeinverhältnisse erleiden weder durch Alter, noch durch Geschlecht oder Rassenverschiedenheit erhebliche Abänderungen; wenn man daher von dem heisseren Blut des Jünglings oder des Südländers spricht, so hat man dies nur als einen poetischen Ausdruck aufzufassen. Das neugeborene Kind zeigt dieselbe Wärme, wie der Erwachsene, sein kleiner Leib aber ist, wie jeder kleine Körper, einer schnelleren Abkühlung ausgesetzt, bedarf desshalb eines grösseren Schutzes und muss seine Wärme mit weit mehr Energie erneuern. Dennoch gibt es von dem Organismus abhängige Momente, welche ermässigung oder steigernd auf die Eigenwärme einwirken. Im Schlaf gehen die Ernährungsfunctionen langsamer vor sich; Athem und Puls werden langsamer, und die Körpertemperatur sinkt um ungefähr einen Grad. Ungenügende oder gänzlich fehlende Nahrung zieht beträchtliche Temperaturermässigung nach sich, da dadurch den Wärmeherden das Brennmaterial entzogen wird. Starke Bewegung steigert nicht nur das Wärmegefühl, sondern auch die Eigenwärme selbst, so dass diese bei angestrengtem Laufen zum Beispiel, bei welchem auch die Herz- und Athmungsthätigkeit sich als eine gesteigerte erweist, um einen vollen Grad sich heben kann. In Krankheiten steht die Erhöhung der Körpertemperatur im Verhältniss zur Beschleunigung

nigung des Pulses und kann sich um drei bis fünf Grade erhöhen; doch ist das Wärme- oder Kältegefühl des Kranken selbst nicht immer ein Beweis von wirklich gesteigerter oder erniedrigter Leibestemperatur. In der Frostperiode des Wechselfiebers erscheint die Eigenwärme nicht vermindert, sondern im Gegentheil gemeiniglich erhöht. Ohnmacht und Scheintod, in welchem Kreislauf und Athem unmerklich vor sich gehen, werden von wirklicher Temperatur-Ermässigung begleitet, und es ergibt sich aus diesem Umstand ein Mittel, die verstellten Ohnmachten mancher Frauen von den wahren zu unterscheiden, indem man sich zwar daran gewöhnen kann, für eine Weile den Respirationprocess auf ein Kleinstes herabzusetzen, das Erkalten des Leibes aber nicht in seiner Gewalt hat. Auch mit der Nähe des Todes, sofern sie unter Erlassung von Puls und Athem auftritt, ermässigt sich die Wärme; zuerst erkalten die äussersten Theile, Hände, Füsse, Nase und Ohren. Nach dem Tod erfolgt die Abkühlung nach den gewöhnlichen physikalischen Gesetzen, indem die Schnelligkeit des Erkalten sich nach der äusseren Temperatur, der Leitungsfähigkeit der Hüllen und organischen Gewebe für die Wärme, dem Zustand der Abmagerung u. s. w. richtet.

Werfen wir nun einen Blick auf die äusseren Einflüsse, so bemerken wir, dass die meteorologischen Temperaturwechsel nur einen sehr geringen Einfluss auf die Eigenwärme des Menschen üben, indem der strengste Winter dem heissesten Sommer, die kalte Zone der heissen gegenüber nur etwa einen Unterschied von einem Grad bedingt. Natürlich kommen hierbei unterstützende Momente (Kleidung, Feuerung und Ernährung) in Betracht, durch die der Mensch sich in die Lage versetzen kann, sein Klima selbst zu schaffen und von aussen kommende feindselige Einwirkungen abzuwehren.

So das gewöhnliche Verhalten. Anders ist's, wenn der Mensch in eine Lage kommt, in welcher das Mass der feindlichen Einwirkung übermässig ist oder die Schutzmittel nicht ausreichen. Man hat mit Einwirkung von Kälte Versuche an Thieren gemacht. Wurde die Luft unter den Gefrierpunkt ermässigt, so minderte sich auch allmählig die Eigenwärme, und das Thier konnte das Experiment nicht lange aushalten. Wird ihm mehr Wärme entzogen, als es zu produciren vermag, so unterliegt es, sobald es etwas mehr als ein Drittel seiner normalen Wärme (11 bis 12 Grad) verloren hat. Dieser Verlust ist die Grenze, die bei einem Säugethier nicht überschritten werden darf, ohne dass es zu Grunde geht; es stirbt dann an Entkräftung oder an nachfolgenden Krankheiten (Erfrieren). Auch bei Menschen sind die Beispiele des Erfrierens oder einer Erstarrung mit gefährlichen Folgen nicht selten und finden um so leichter statt bei Kindern, ausgehungerten, blutarmen Personen und abgelebten Greisen; auch steigert sich die Gefahr bei bewegter Luft, weil in diesem Falle das den Körper umgebende Medium stetig sich erneuert und der ausstrahlenden Leibeswärme stets frische, kalte Berührungsschichten bietet. Die Geschichte gibt wiederholt Beispiele, dass

grössere Truppenkörper, ja sogar ganze Heere unter dem Einfluss einer Temperatur zu Grund gingen, welche gut genährten und gekleideten Personen nichts anhaben konnte. Beim Erfrieren erlangsamt die Temperaturabnahme, welche zunächst die nicht durch Kleider geschützten Theile trifft (Ohren, Nase, Gesicht, Hände), den Blutumlauf in den feineren Gefässen; die Hautstellen, durch die das Blut der Capillaren durchscheinen kann, werden zuerst roth und später blau. Der Erkältungsprocess greift später auch auf bekleidete Theile, die Füsse, über, und es bilden sich in den Geweben Eistheilchen, die indess noch nicht hindern, dass die ergriffenen Partieen wieder in den normalen Zustand zurückkehren. Freilich darf dann die Wiedererwärmung nur allmählig (am zweckmässigsten durch Reiben mit Schnee oder kaltem Wasser) geschehen, da bei Anwendung von rascher Wärme die Gase, welche im Moment des Erstarrens aus der gefrierenden Flüssigkeit austreten, sich vor dem Schmelzen der Eistheile in einer Weise ausdehnen, dass die sie umschliessenden Haargefässe bersten und in Folge der Gewebszertrümmerung Brand herbeigeführt wird. Die weiteren physikalischen Bedingungen des unmittelbar tödtlichen Erfrierens sind nicht erforscht, da die Eisbildung auch bei dem schon todten Menschen noch fortschreiten kann, und die Gewebszerstörungen, welche sich vorfinden, wahrscheinlich Folge des Aufthauens sind; dagegen bemerkt man ein frühzeitiges Ergriffenwerden des Nervensystems, indem die Sinne ungeordnet zu functioniren anfangen, Delirien eintreten und eine unüberwindliche Schlafsucht Platz greift, in welcher die tragische Scene zum Schluss kommt.

Höhere äussere Temperatur. — Ein besonderes Interesse bietet das Verhalten der Eigenwärme, wenn diese niedriger steht, als die Temperatur der umgebenden Atmosphäre, da diese nach dem allgemeinen physikalischen Gesetz bemüht ist, den kälteren Körper mit sich in's Gleichgewicht zu bringen, während zugleich in dem Organismus selbst die wärmebildenden Functionen fortgehen. In den Tropen herrscht nämlich nahezu sechs Monate hindurch bei ewig klarem, reinem Himmel den Tag über fast ununterbrochen eine Temperatur von 22 bis 26 Grad Reaumur im Schatten, und in Afrika und Ostindien sieht man das Thermometer selbst bis 32 und 38 Grad steigen, während dagegen Nachts nicht selten ein Fallen von 12 bis 15 Grad stattfindet. In der Sonne ist natürlich die Hitze noch viel mächtiger. Gleichwohl macht eine solche Wärme den Strich nicht unbewohnbar. Hier tritt, um die Eigenwärme auf dem normalen Niveau zu erhalten, die Natur dadurch in's Mittel, dass sie die Schweissdrüsen stärker ausscheiden lässt; der Körper überzieht sich mit Flüssigkeit, welche durch ihr Verdunsten die überschüssige Wärme bindet und die thierische Wärme in ihrem ordnungsmässigen Mass erhält. Dass die Verdunstung hiezu vollständig ausreicht, haben de la Roche und Berger in einem sinnreichen Versuch bewiesen. Wenn man nämlich Frösche und nasse Schwämme in einen bis zu 40 oder 48 Grad erhitzten trockenen Raum bringt, so haben

nach Ablauf von einer Viertelstunde die Thiere und die Schwämme so ziemlich die gleiche Temperatur (12 bis 16 Grad weniger, als die sie umgebende Luft). Die Verdunstung entzieht also den Schwämmen mehr Wärme, als die Gleichgewichtsbestrebung der Atmosphäre ihnen mittheilt. Nun zeigt sich aber die interessante Erscheinung, dass die Temperatur der Frösche, nachdem sie sich wie die der Schwämme auf 30 Grad gehoben hat, stationär bleibt. Der Frosch ist mit einer feuchten Haut bedeckt, und die Verdunstung, die auf seiner Leibesoberfläche vor sich geht, hindert eine weitere Steigerung seiner Eigenwärme. Aus diesem Umstand erklärt sich auch, dass Thiere und selbst Menschen eine Weile eine sehr hohe Temperatur aushalten können. Tillet erzählt von einem Mädchen, welches es im trockenen Schwitzbad bei 112 Grad Reaumur zehn Minuten aushielt. In solchen Fällen ist Trockenheit der Luft stets eine unerlässliche Bedingung, da eine mit Wasserdampf gesättigte Luft keine weiteren Dämpfe mehr aufnimmt und, indem sie der Verdunstung auf der Oberfläche des Thierkörpers Widerstand entgegensetzt, denselben schnell in einem Mass erhitzt, bei welchem das Leben nicht mehr bestehen kann. Ist die Eigenwärme um 5 bis 6 Grad über ihr normales Niveau gesteigert, so tritt der Tod ein. — Man kann einen Wärmegrad von 30 Grad als die Scheidelinie betrachten, die der Mensch ohne Gefahr nicht überschreiten darf. Ist die Aussenwärme grösser, so nimmt man seine Zuflucht in den Schatten des Hauses und sucht da die Temperatur künstlich abzukühlen. Zu Pecking starben vom 14. bis 23. Juli 1743 bei einem Thermometerstand von 32 Grad Reaumur 11,400 Menschen vor Hitze. Ja, selbst viel geringere Temperaturen haben bisweilen ebenso schlimme Folgen, wenn der Mensch unmittelbar der Sonne ausgesetzt ist; man macht diese Erfahrung häufig genug auf Truppenmärschen und bei in den Plantagen arbeitenden Sklaven. Der meist plötzlich eintretende Tod ist wahrscheinlich die Folge einer tiefen Störung des Nervensystems, die entweder von einem durch die Zirkulationsbeschleunigung bewirkten Congestionszustand oder von dem Druck abzuleiten sein dürfte, welchen das durch die Hitze ausgedehnte Blut innerhalb des nicht ausdehnbaren Schädels auf die Gehirnmasse übt. Immerhin ist gewiss, dass der Mensch weit eher eine Verminderung als eine Steigerung seiner Eigenwärme ertragen kann, wie es denn auch Thatsache ist, dass man sich weit eher an ein kaltes als an ein heisses Klima gewöhnt, und in letzterem der Akklimatisationsprocess in der Regel nicht ohne ernstliche Krankheiten vor sich geht.

Wir haben gesehen, dass sich der innere Mensch nur um einige Grade über den normalen Zustand erhitzen kann, wenn nicht der Tod eintreten soll, und eine solche Wärme ist noch lange nicht im Stande, die thierischen Gewebe, selbst wenn sie, wie man bei habituirten Brantweinsäufern annimmt, von leicht brennbaren alkoholischen Produkten durchtränkt wären, zu entflammen. Der Leser mag daher sich selbst ein Urtheil bilden über die sogenannten Selbstver-

brennungen, von denen man hin und wieder hört, und unter deren Maske, wie in dem Fall der Herzogin von Praslin, sogar Verbrechen zu bemänteln versucht wurden. Solche Fälle sind natürlich im Act nie von Augenzeugen constatirt worden, und man hat gemeiniglich nur das Resultat, den verbrannten Körper, vor sich; kein Wunder, dass die Phantasie in der Deutung sich einen weiten Spielraum erlaubt hat. Man wird die entzündende Ursache meist in äusseren Momenten suchen müssen, die auf die Bekleidung einwirkten; denn wie leicht lässt sich ein Funke, glimmende Asche, brennende Zündmasse von einem Schwefelhölzchen verschleppen, ohne dass nach der Verbrennung die Veranlassung nachgewiesen werden könnte.

Siebentes Kapitel.

Die Secretionen.

In allgemeiner Auffassung des Begriffs ist Secretion das Austreten gewisser Stoffe aus dem Blut, mögen diese nun als verbrauchte zum Ausstoss bestimmt sein (Excretionen) oder, sei es im Ganzen, sei es theilweise, für andere organische Verrichtungen nutzbar zu werden. Dieser Rahmen schliesst dann freilich alle dem Stoffwechsel (An- und Abbau) dienenden Thätigkeiten in sich; da übrigens viele dieser Actionen noch nicht erforscht sind und einzelne derselben mit anderen wichtigen Functionen in Verbindung stehen, die bereits verhandelt wurden oder später noch zur Sprache kommen müssen, so werden wir uns hierorts auf jene Secretionen beschränken, welche durch die Leber, die Nieren und einzelne andere häutige oder drüsige Gebilde vermittelt werden, und zum Schluss noch einen Blick auf die räthselhafte Verrichtung der sogenannten Blutdrüsen werfen.

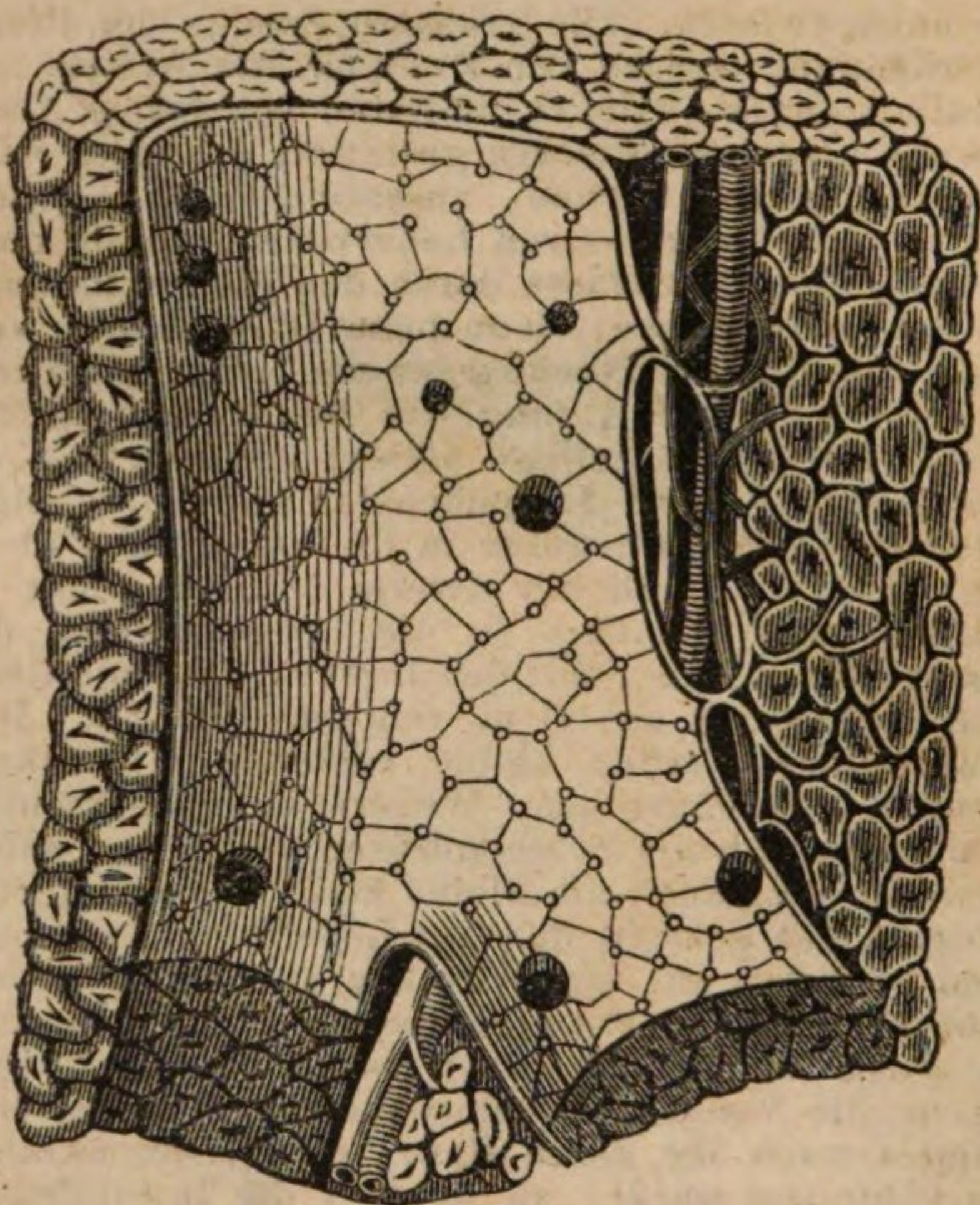
1. Function der Leber.

Sie ist das grösste drüsige Organ, das ungefähr $\frac{1}{36}$ des Körpergewichts ausmacht und beim erwachsenen Menschen gegen vier Pfunde wiegt. Im Fötusleben erscheint sie verhältnissmässig noch grösser, indem namentlich der linke Lappen eine besondere Entwicklung zeigt, ein Unterschied, welcher in der eigenthümlichen, durch die Nabelvene vermittelte Circulation ihren Grund hat. — Nach Beales Analysen enthält das Lebergewebe Eiweisssubstanz, Fett, viel alkalische Salze und ungefähr 68 Procent Wasser. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass auch eine amyllumartige Substanz (Glycogen) nebst einem Fermentkörper, Zucker in ansehnlicher Menge, Hypoxanthin, Xanthoglobulin, Harnsäure, Harnstoff und Inosit in der gesunden Leber vorhanden ist. Die Leber hat eine doppelte Umhüllung, ein seröses Visceralblatt vom Bauchfell und eine fibröse Begrenzungsfläche, die sogenannte Glissonische Kapsel. Kiernan sagt von der letzteren, sie sei für die Leber, was die Pia mater für das Ge-

hirn, und unterscheidet, da sie Ueberzüge für die Gefässe bildet, die Räume zwischen den Leberläppchen ausfüllt und einen Theil des Lobulärgewebes bildet, Vaginal-, Interlobular- und Lobularportionen. Ob eine Umhüllung der Läppchen und somit eine Isolirung durch die Kapsel wirklich stattfindet, ist beim Menschen nicht, wohl aber beim Schwein und beim Eisbären nachgewiesen. Die grössern Zweige der Pfortaderverästelung werden von Zweigen der Arterie und des Gallenganges begleitet und sind von losem Areolargewebe umgeben, welches gestattet, dass sie, wenn sie durchschnitten werden, zusammenfallen; anders verhalten sich die grösseren Lebervenen, wo sie ohne Begleitung anderer Gefässe durch den dicken hinteren Rand der Drüse gehen; denn beim Durchschnitt werden sie durch das Nachbargewebe offen gehalten. Man kann sich den Anfang der Lebervenen in die centralen Intralobulargefässe verlegt denken, die an der Basis eines jeden Läppchens in die Sublobularvenchen ein- und schliesslich in die Lebervenen übergehen. Die Capillaren der Arterie münden nicht in die Lebervenen, sondern in die Lobularzweige der Pfortader und geben somit den Beweis, dass die Galle eine Ausscheidung aus dem venösen Blut ist. Den Gallenkanälchen haften kleine verästelte Divertikeln mit engen Mündungen an, Webers Vasa aberrantia, die vielleicht sich als Schleimdrüsen verhalten, möglicherweise aber auch als kleine Gallenblasen dienen. — Kiernan hat gezeigt, dass die Leber nicht, wie man ehemals glaubte, aus einem rothen und einem gelben Gewebe besteht, sondern dass dieses verschiedene Aussehen durch einen congestiven Zustand bedingt wird. Wenn er die Vena cava unterband oder der Abfluss des Blutes nach ihr durch Herz- oder Lungenkrankheiten gehindert wurde, so fand er die Intralobularvenen mit Blut überfüllt; das blutärmere umgebende Gewebe diente dann dem rothen Centrum als gelbe Folie. Bei Pfortadercongestion dagegen —, ein seltenerer und nur bei Kindern vorkommender Zustand, war das Centrum blass, dagegen das Intralobulargeflecht mit Blut überfüllt, so dass sich ein gelber Mittelpunkt in rothem Grunde zeigte. Die Lobuli sind conisch und mit der Basis der Leberoberfläche oder den venösen Gefässen zugekehrt; die Intralobularvene läuft wie eine Mittelrippe zwischendurch, zweigt sich nach den Seiten hin ab und gibt den Läppchen ein geblättertes Aussehen; beim Querschnitt erscheinen letztere in Folge des gehäuften Standes polyëdrisch. In der angefügten Figur 20 haben wir das Schema einer aus der Pfortader kommenden Vene, welche ihre feinen Intralobularzweigchen zwischen den Läppchen einsenkt; neben dem Längsdurchschnitt der Vene sehen wir einen Gallengang und rechts davon ein Arterienzweigchen. Unter der Theilung der Vene sind die Zweige abgetragen, um den bindegewebigen Kanal der Glissonschen Kapsel zu zeigen; an ihn legen sich die Lobuli an, die oberen in ihrem normalen Verhalten, die linksgelegenen im Zustand der Pfortadercongestion, die rechtsgelegenen unter Behinderung des Blutabflusses nach der Hohlader. Ueber den nähern Bau

der Lobuli herrscht noch einiges Dunkel; nach Kiernan sollen sie aus einer Kapsel, einem Capillarnetz der Pfortader, einer Arterie, einer Lebervene und einem Gallengang mit seinen Wurzeln bestehen, eine

Fig. 20.



Ansicht, die er aus der Analogie der von Serreei im linken Ligamentum laterale entdeckten Läppchen begründet. Wahrscheinlich gehen in die Läppchen auch Nerven und Lymphgefäße ein, von denen letztere besonders zahlreich auf der Oberfläche der Drüse vorkommen. Ein anderer strittiger Punkt ist, ob die Zellen um die Capillaren her sich ordnen, wie Kölliker angibt, oder ob sie nach der Analogie anderer drüsiger Gebilde von einer mit den Gallengängen zusammenhängenden stützenden Membran umgeben sind (Retzius, Beale). Diese Zellen haben eine rundliche Form, einen Durchmesser von ungefähr $\frac{1}{150}$ ''' , und enthalten eine der Galle ähnliche Flüssigkeit, einen oder zwei Kerne nebst Kernkörperchen und einer körnigen Masse, bei Fettlebern mit Fetttröpfchen durchsetzt. Sie sind die thätigen Elemente für die Ausscheidung der Galle, welche sie den Lobulargeflechten der Pfortader, nachdem die Capillarnetze der Leberarterie sich in sie entleert haben, entnehmen. Dass die Pfortader den stärksten Beitrag zur Gallenbildung liefert, geht aus den Simonschen Versuchen hervor. Unterbindung dieses Gefäßes unterdrückt die Gallenausscheidung, während die Unterbindung der Arterie eine solche Wirkung nicht übt. Lawrence, Abernethy,

Lieutaud und Huber berichten zwei Fälle, in welchen die Pfortader unmittelbar in die Hohlader übergang, und man wollte daraus folgern, dass sie mit der Gallenbereitung nichts zu schaffen habe; in dem Abernethyschen Fall war jedoch die Umbilicalvene permeabel geblieben und verästelte sich nach Art der Pfortader, während in der anderen die Pfortader wahrscheinlich gleichfalls nur durch einen Theil ihres Systems vertreten war. Budge ist der Ansicht, dass in solchen Fällen die Elemente der Gallenbereitung der Leber eben auf einem Umwege (durch die Arterie) zugeführt werden.

Die Galle

ist ein sehr reichlich zur Ausscheidung kommendes Absonderungsprodukt, obschon die an künstlich angelegten Gallenblasenfisteln gemachten Beobachtungen bedeutend abweichende Resultate ergeben. Nach Kölliker und H. Müller liefert ein Kilogramm Hund in 24 Stunden etwa 32 Gramme Galle mit einem Gramm fester Bestandtheile, was für den Menschen nahezu 2 Kilogramm mit 62 Grammen Fixa ergeben würde. Beclard berechnet auf Grundlage der Beobachtungen von Nasse und Platner für den Menschen etwa die Hälfte. Ihre Secretion ist am stärksten bei Fleischdiät und einige Stunden nach der Mahlzeit. Der Gallenblase entnommen, wo sie wahrscheinlich schon einige Veränderungen erlitten, hat sie ein specifisches Gewicht von ungefähr 1,028; und reagirt alkalisch; ihre Bestandtheile und Eigenschaften sind S. 28 angegeben.

Die specifischen Gallenbestandtheile, der Farbstoff und namentlich die Tauro- und Glycocollsäure sind im Pfortaderblut nicht präformirt, sondern werden erst in den Leberzellen gebildet. Wäre die Galle ein Edukt aus dem Blut, so müsste letzteres nach Ausschneiden der Leber, das von Fröschen tagelang überlebt wird, Gallensäuren enthalten, was nicht der Fall ist. Die Entstehung der letzteren ist noch dunkel; man leitet die kohlen- und wasserstoffreiche Cholsäure von den Fetten, ihre Paarlinge Taurin und Glycocoll von den Eiweisskörpern ab. Sie werden grösstentheils vom Darm wieder aufgesaugt und dienen wirklich zur Ernährung (S. 29), die Cholsäure geht schliesslich in Kohlensäure und Wasser auseinander, während ihre Paarlinge wahrscheinlich zur Harnstoffbildung beitragen; wenigstens fand Hersford nach der Aufnahme des Glycocoll eine Vermehrung des Harnstoffs. Was von den Gallensäuren in die Faeces übergeht, wird auf der Wanderung durch den Darm in Cholalsäure und Choleidinsäure umgewandelt, — der Gallenfarbstoff dürfte als Abkömmling des Hämatins anzusehen sein. Er verleiht den Faeces die eigenthümliche Färbung, indem auf dem Weg durch den Darm das ursprüngliche Gelb und Grün sich in Braun umsetzt. Auch Schwefel geht in die Mischung der Galle ein.

Die Galle ist sonach nur theilweise Excret. Als Test, um sie im Urin, in der Milch, im Schweiss nachzuweisen, empfiehlt Pettenkofer, die Flüssigkeit mit

alle
alls
sja

16 E. J. 1116
11 E. J. 1116

etwas Zucker zu versetzen und Schwefelsäure auf sie einwirken zu lassen; die Anwesenheit von Galle gibt sich durch eine schöne, intensive Violetfarbe zu erkennen.

Leberzucker.

Die Eigenschaft der Leberzellen, Zucker, also ein Secret zu bereiten, das unter normalen Verhältnissen reinen Nutzeffekt hat, wurde zuerst von Claude Bernard entdeckt und näher erforscht. Er bemerkte Zucker in der Leber der Carnivoren, noch mehr aber in dem der Pflanzenfresser, bei welchen diese Erscheinung wegen der Beschaffenheit ihrer Nahrung weniger auffiel. Dass bei Hunden die Stärkmehlnahrung nicht die Quelle dieses Zuckers sein konnte, wurde ihm daraus klar, dass er ihn fand, wenn er die Thiere monatelang bloss mit Fleisch gefüttert hatte. Ueberhaupt konnte er nicht aus den Nährstoffen, ja überhaupt nicht aus dem Darmkanal stammen, denn er war vorhanden, selbst wenn das Versuchthier mehrere Tage gefastet hatte und in dem Blut der Pfortader oder Leberarterie keine Spur davon zu entdecken war. Er musste sich sonach in der Leber selbst bilden. Die frische Leber des Pferds enthält 4, die des Menschen 2, die der Reptilien ungefähr 1 Procent. Natürlich ist der Gehalt im Blut wechselnd, je nachdem das in der Leber entstandene Gebilde durch den Nahrungszucker vermehrt wird oder nicht. *) Der Leberzucker verhält sich ganz wie der Stärkmehlzucker und geht mit Wasser in der Wärme schnell in Gährung über, welche bald zu einer Sauergährung wird. Man kann diesen Zucker aus den Lebervenen noch reichlicher gewinnen, als aus der Lebersubstanz selbst. Er stammt direct von einem amyloartigen Leberbestandtheil, dem Glycogen, welcher in der Form kugelig, von einer albuminösen Hülle umgebener Körnchen einen Bestandtheil des Drüsenzelleninhalts ausmachen soll. Die Umwandlung dieses Körpers in Dextrin und Zucker geschieht durch ein eigenes nicht näher bekanntes Leberferment, in dessen Ermanglung die Zuckerbildung unterbleibt, wenn auch Glycogen vorhanden ist. Das Auftreten dieses Ferments ist an eine gewisse Energie des Stoffwechsels gebunden, in dem wir wahrscheinlich auch den Grund für die höhere Temperatur des Bluts in den Lebervenen zu suchen haben (S. 115). Mit Firniss bestrichene Thiere, in denen Stoffwechsel und Körper-

*) Pavy will in der Zuckerbildung, die in der Leber stattfindet, nur eine Leichenerscheinung erkennen. Man trifft den Leberzucker nicht in jeder, ja in der Regel nur selten in der Leber des Menschen an, weil gewöhnlich nur die Lebern von solchen zur Untersuchung kommen, die an länger anhaltenden Krankheiten erlegen sind und bei denen die Ernährungsfunktionen mehr oder weniger gestört waren. Kann man die Leber von Hingerichteten untersuchen, so fehlt der Zucker nie.

wärme abnehmen, verlieren in wenigen Stunden den Zucker und das Glycogen, erzeugen beides aber aufs neue, wenn man sie künstlich erwärmt.

Das Glycogen kann nur aus dem Fett oder aus den Eiweisskörpern des Blutes stammen. Im ersteren Falle denkt man sich, dass das Glycerin das Glycogen, die Fettsäure die Cholalsäure liefere. Bei der Umwandlung der Eiweisskörper kann man an eine Spaltung in Glycogen und in stickstoffhaltige Oxydationsprodukte denken. Dieser Modus erscheint schon um deswillen als der wahrscheinlichere, weil bei einer Nahrung aus Fett und Wasser der Zucker sehr abnimmt, Leimnahrung aber ihn fast normal erhält.

Der aus der Leber ins Blut übergegangene Zucker lässt sich, nachdem er gemeinsam mit dem Verdauungszucker durch die Lungen gewandert ist, in den Pulmonalvenen, im linken Herz und in der Aorta nicht mehr deutlich nachweisen, einestheils weil er stets gleichmässiger mit dem Blut gemengt, anderntheils weil er ein sehr unbeständiges Element ist, das sich im Contact mit thierischen Flüssigkeiten leicht verändert. Im normalen Zustand setzt er sich schliesslich in Kohlensäure und Wasser um oder wird zu Fett umgebildet; es gibt jedoch eine Krankheit, in welcher der Zucker im Urin und meist auch in den übrigen Secretionsflüssigkeiten auftritt, nämlich in der Zuckerruhr. Der Zucker ist dann reichlich im Blut angehäuft. Lehmann hat gefunden, dass ein Blut, welches $\frac{3}{10}$ Procent Zucker enthält, diesen Betrag nicht durch die Verbrennungsprocesse der Ernährung verbrauchen kann, sondern durch die Secretionsorgane ausscheiden muss. Wo nun solche Zuckerausscheidungen nicht aus dem Nahrungszucker abgeleitet werden können, findet ein pathologischer Zustand statt, bei dem sich die Frage erhebt, ob vielleicht die Leber mehr Zucker erzeugt oder der im Blut befindliche Zucker keine Metamorphosen mehr erleidet. Möglich, dass beide diese Ursachen bei der Erscheinung sich combiniren; einiges Licht wirft indess auf die Lösung dieser Frage die von Bernard zuerst gemachte Wahrnehmung, dass nach Verletzung des Bodens der vierten Hirnhöhle mittelst einer durch das Hinterhauptbein eingesenkten Nadel der Harn einige Stunden lang Zucker enthält. Dasselbe geschieht auf alle Verletzungen des Nervencentrums von den Hirnschenkeln an abwärts bis zu der Stelle, wo die Wurzeln der Eingeweidenerven aus dem Rückenmark treten. Ein gleiches Resultat wird erzielt, wenn man den N. splanchnicus major durchschneidet, während eine Durchschneidung der Vagi oberhalb des Abgangs der Lungenzweige die Zuckerbildung unterdrückt. Nach diesen Erscheinungen ist man geneigt, die Zuckerbildung als die Folge einer Reizung anzusehen, welche, von den Lungen ausgehend, durch die Vagi zur Medulla oblongata geleitet, hier reflektirt und auf noch unbekannten Wegen der Leber zugeleitet wird. Jede Reizung auf diesem Weg, wenn die Continuität der Bahn bis zur Leber erhalten ist, muss dann natürlich gleichartige Erfolge bewirken, während eine Unterbrechung der Leitung die Zuckerbildung aufhebt. Eine solche Reizung mag

bedingt sein durch eine nachhaltige Störung in dem regelmässigen Vollzug der Respirationerscheinungen, welche leicht Anhäufung von Zucker im Blut und Ausscheidung desselben im Harn zur Folge hat. Bei Winterschläfern, bei denen sich die Respiration auf ein Minimum reducirt, enthält der Harn Zucker; die Zuckerbildung in der Leber hat fortgemacht, aber die Oxydation des ins Blut übergegangenen Zuckers ist unterblieben oder nur unvollständig vor sich gegangen.

Die Zuckerbildung beschränkt sich indess nicht bloss auf die Leber, sondern findet auch in anderen Geweben statt. Während der ersten Monate des Fruchtlebens, ehe noch in der Leber Zucker auftritt, enthalten die Muskeln des Fötus einen zuckerigen Stoff, welcher mit der stärkeren Entwicklung der Leber und der hier sich entfaltenden Zuckerbildung verschwindet. Beim Erwachsenen enthält der Muskelsaft mehrere Substanzen, welche als mehr oder weniger fortgeschrittene Oxydationen des Faserstoffs betrachtet werden können (Kreatin, Kreatinin und Inosinsäure) und zwar kein Zucker sind, aber da sie ins Blut zurückkehren, in der Leber zu der Zuckerbildung Anlass geben, die beim Embryo schon im Muskelgewebe vor sich ging. Meissner hat in neuester Zeit das Vorkommen des Fleischzuckers (einer dem Leberzucker vollkommen ähnlichen Substanz) als ständig nachgewiesen und leitet ihn aus der Spaltung einer Fibrin-substanz ab. Eine gleiche Abkunft hat wahrscheinlich das Inosit in den Herzmuskeln, obschon diese Zuckerart weder einer geistigen Gährung fähig ist, noch das polarisirte Licht dreht.

2. Function der Nieren.

Das vollkommenste Beispiel eines für die Excretion bestimmten Secrets, dem keine weitere organische Nebennutzung mehr zukömmt, ist der Urin. Die Nieren scheiden ihn aus dem Blut aus, welches seine Hauptbestandtheile bereits präformirt enthält. Diese Drüsen, von denen jede ungefähr vier Unzen schwer ist, empfangen ihr arteriöses Blut aus der Aorta und geben das venöse an die Hohlader ab; doch stehen die zu- und abführenden Gefässe durchaus nicht im Verhältniss zu dem Ernährungsbedarf der harnbereitenden Organe. Nerven sind zahlreich vorhanden; sie kommen von den kleineren splanchnischen Geflech-ten des Sympathicus, und ihre Zweige lassen sich bis in die Vasa inferentia der Malpighischen Knäuel verfolgen. Der Ureter tritt aus den zum Becken erweiterten Hilus aus. Das Nierengewebe hat ein specifisches Gewicht von ungefähr 1,050 und besteht nach Beales Analyse aus 76 % Wasser, 15 eiweissartiger oder sonstiger stickstoffiger Substanz und 1 Fett, hauptsächlich Choleasterin. Cloetta fand auch Inosit, Cystin, Taurin und Xanthin.

Die Nieren sind nach vorn theilweise vom Bauchfell bedeckt und werden von einem namentlich nach hinten sehr mächtigen Fettgewebe umgeben, das vielleicht als schlechter Wärmeleiter die Temperatur der Nieren zu schützen hat. Die stark fibröse Kapsel lässt

sich leicht ablösen, obschon sie mit dem parenchymatösen Zellgewebe des Organs zusammenhängt. An der längs durchschnittenen Niere unterscheidet man zweierlei Gewebe, die raube granulöse, gefässreiche Rindensubstanz mit ihren für das Auge nur als rothe Pünktchen unterscheidbaren Malpighischen Körperchen, und die Marksubstanz, aus acht bis fünfzehn pyramidalen Stralungen bestehend, deren jede mit einer unbestimmten Anzahl von Ausführungsgängen (drei- bis fünfhundert) in der endständigen Papille nach ihrem die Verbindung mit dem Nierenbecken vermittelnden Kelch sich ausmündet. Das verschiedene Aussehen dieser beiden Substanzen hat indess seinen Grund nur in der verschiedenen Anordnung der sie constituirenden Elemente, der Blutgefässe und der Harnkanälchen, von denen letztere unter dem Microscop als Röhrchen von 0,007 bis 0,015'' Lichtweite erscheinen und Zellen von der Form der Epithelzellen enthalten. Diese Röhrchen, nach ihrem Entdecker die Bellinischen genannt, lassen sich in den Pyramiden, in welchen sie gerade verlaufen und ohne entsprechende Lumenerweiterung nach dem Nierenbecken hin paarig, paarig und wieder paarig zusammentreten, leicht unterscheiden; in der Rindensubstanz dagegen zeigen sie darmartige Windungen, anastomosiren vielfältig mit einander und laufen entweder einfach blind oder in eine beutelartige Erweiterung aus, welche einen Malpighischen Glomerulus umgibt und nach Hirtl an der Ein- und Austrittsstelle der Gefässe mit letzteren verwächst. — Die Zweige der sehr mächtigen Nierenarterie verlaufen zwischen den Pyramiden, bis sie in die Rindensubstanz eintreten, an welche sie Ernährungszweige, zugleich aber je einen Zweig an die kapselartige Erweiterung der Harnröhrchenenden abgeben. Das letztere Gefäss (Vas inferens) (Fig. 21, 1) tritt in die Höhlung der

Fig. 21.



eingestülpten Kapsel k ein und zertheilt sich in einen Gefässbüschel, den Malpighischen Glomerulus g, den die einen Anatomen für eine arterielle Verzweigung,

andere für capillare Verästelung halten, so dass nach der einen oder der anderen Ansicht das dem Lumen nach weit engere Vas eferens (2), welches die Zweigchen sammelt und neben den Vas inferens wieder austritt, als eine feine Arterie oder als ein Venchen, so nach die ganze Erscheinung des Malpighischen Glomerulus entweder als bipolares Wundernetz oder als eine Capillarverästelung betrachtet werden kann. Genug, dieses Vas eferens geht in eine das Harnkanälchen h h umspinnende Capillarverästelung 3 3 3 über und bildet hier nach der letzteren, namentlich von den englischen Anatomen beliebten Anschauung eine vielfältige Wiederholung der an der Pfortader und Leber wahrgenommenen Erscheinung, einer doppelten Capillarverästelung, welche schliesslich in einen Zweig der Nierenvene v übergeht. Der Umstand, dass das Vas eferens eines Malpighischen Körperchens constant enger ist, als das Vas inferens, hat für die Aufklärung der Function, welche dem Glomerulis zukommt, hohe Bedeutung, sofern er den Gedanken nahe legt, dass in Folge der Blutstauung im Knäuel, welche durch die Ungleichheit des Zufuhrs- und Abzugswegs gegeben ist, der wässerige Bestandtheil des Bluts durch die Wände der Knäuelgefässe durchgepresst wird, das Blut sonach in den Knäuelgefässen eingedickt wird.

Wir werden demnach die Beutel, welche die Glomeruli umgeben, für die wahren Anfänge der Harnkanäle und die Glomeruli selbst als die Elemente wässriger Secretion aus dem arteriellen Blut zu betrachten haben. Der Uebergang des Secrets in die Harnkanälchen ergibt sich dann natürlich genug, ob schon die Frage nicht so unangefochten dasteht, indem manche Anatomen den Beutel, welcher den Glomerulus umgibt, nur für eine Einstülpung ansehen, die diesem eine Hülle nach Art einer Serosa gibt. Das Harnkanälchen, welches in solcher Weise die wässerige Feuchtigkeit aufgenommen, windet sich in der Rindensubstanz durch die Maschen der Capillärgefässe dahin und verläuft in den Pyramiden geradlinig neben den langgestreckten Venen mit ihrem eingedickten Blut. Man mag sich den Secretionsact nun weiter so denken. Die Tubuli Belliniani führen bloss Blutwasser; die Capillaren und Venchen aber mit ihrem eingedickten Blut enthalten die stickstoffreichen, zur Ausscheidung bestimmten Zersetzungsprodukte der Gewebe, und durch die dünnen Wandungen beider Gefässe findet eine osmotische Diffusion statt, in deren Folge das Wasser der Tubuli Belliniani durch Aufnahme der auszuscheidenden stickstoffigen Blutbestandtheile zu Harn wird. Nach anderer Beurtheilung dieses noch lange nicht aufgeklärten Vorgangs soll unter dem starken Blutdruck der in der mächtigen ziemlich hoch oben aus der Aorta entspringenden Nierenarterie und unter der Stauung durch das enge Vas eferens der Glomerulus in die Lage kommen, alle ächtgelösten Theile der Blutflüssigkeit (Salze, Harnstoff, Zucker u. s. w.) in die Harnkanälchen zu treiben, während unächtgelöste, Eiweiss z. B., nur unter abnorm erhöhtem Druck übergehen. Die sehr verdünnte Lösung tritt nun durch die Wandungen der Harnkanälchen

und Capillaren mit dem verdickten Blut in Diffusion, welche Wasser wieder ins Blut zurückführt und den Urin concentrirter macht.

Man hat sich die Innenhaut der Harnkanälchen aus einander gelegt gedacht und so die Absonderungsfläche einer einzigen Niere auf 44 Quadratfuss berechnet; wir sehen indess schon aus der eben erwähnten Ansichtendifferenz, dass solche Rechnungen sich nicht dafür eignen, den Vorgang selbst klarer zu machen. Vierordt erscheint die Absonderungsfläche in den gewundenen Kanälchen viel zu gering, wesshalb er die Harnbildung, wenn auch in qualitativ und quantitativ anderer Weise, auch in den geraden Kanälchen der Marksubstanz aufzusuchen geneigt ist. Immerhin ist es Aufgabe der Nieren, vorzugsweise die verbrauchten stickstoffigen Substanzen zum Ausstoss zu bringen, indem an dieser Eigenschaft nur in höchst untergeordneter Weise auch die Leber participirt, deren stickstoffige Secreta obendrein meist wieder ins Blut zurückkehren. Bei der von uns aufgeführten physikalischen Erklärung bleibt nun dunkel, wie bei der geringen Menge von Harnstoff, welche im Blut circulirt und auch bei exstirpirten Nieren nicht bedeutend wird, der Urin doch so reich an diesem Bestandtheil erscheint. Man muss daher annehmen, dass die Nieren ein specifisches Anziehungsvermögen für dieses Secretionselement besitzen, wobei immer noch die Schnelligkeit der Ausscheidung ein nicht zu bewältigendes Hinderniss bietet, oder dass der Harnstoff und die Harnsäure in den Nieren selbst gebildet werden. Das Material dafür würden die aus dem Blut in die Harnkanälchen übergehenden Extractivstoffe (Kreatin, Kreatinin u. s. w.) bieten, und die thätigen Factoren der Umwandlung dürften in den zelligen Gebilden zu suchen sein, welche die Harnkanälchen auskleiden und, wie Wittich in den Epithelzellen der geraden Kanälchen beim Vogel nachgewiesen hat, harnsaure Verbindungen enthalten. Für die letztere Annahme spricht namentlich auch der Umstand, dass bei Nierenausrottung, welche bei Thieren erst im Lauf einiger Tage den Tod nach sich zieht, das Blut wohl reich an Extractivstoffen nicht aber an Harnstoff gefunden wird, während der Harnstoff reichlich ins Blut tritt, wenn man durch blosse Unterbindung der Ureteren die Ausscheidung des gebildeten Harnstoffs verhindert.

Die Fortbewegung des Harns in den Kanälchen geschieht unter dem Einfluss der Schwere und durch den Druck der nachrückenden Secretmassen, von den Nierenkelchen, dem Becken und der Ureteren aus durch die rhythmisch-peristaltischen Contractionen der organischen Muskelfasern. Man sieht bei Personen, die an Inversio vesicae leiden den Urin stetig in Tropfen, nach übermässigem Wassertrinken in einem Strahl abfliessen. In der Blase sammelt sich der Harn an und wird hier durch die elastische Spannung (Tonus) der ringförmig um die Ausmündung gelagerten Blasenmuskulatur zurückgehalten. Der Rücktritt in die Ureteren findet in der schiefen Einmündung der letzteren in die Blase ein Hinderniss. Hat die Spannung des

Urins einen Tropfen in die Harnröhre getrieben, so tritt Drang zur Entleerung ein, welche sofort willkürlich durch die Contraction der Bauchwandmuskeln und die reflectorische Mitthätigkeit der Blasenmuskulatur namentlich ihrer Längsfasern (*Detrusor urinae*) bewerkstelligt wird; die schliessliche Entleerung der Harnröhre geschieht durch die sie umgebenden Muskeln, namentlich den *Bulbocavernosus*. Das Bedürfniss des Harnes wird indess nicht immer durch die Füllung der Blase veranlasst, sondern hat, wie z. B. das des Athmens, des Hungers u. s. w. seinen Sitz im Nervensystem; in Krankheiten kann man es empfinden, wenn auch nur einige Tropfen in der Blase sind. — Während des Aufenthalts in der Blase verliert der Urin durch Resorption einen Theil seines Wassers und wird gesättigter; auch mengt sich ihm aus den zahlreichen Drüsen der Blasenschleimhaut Schleim bei, welcher bereits in der Blase eine saure Gährung einleitet.

Der Urin

ist eine gelbliche Flüssigkeit, mehr oder weniger klar und von eigenthümlichem aromatischem Geruch, der beim Abdampfen besonders stark hervortritt. Die Tagesmenge desselben ist sehr variabel, da sie sich nach der Menge der eingenommenen Flüssigkeiten und nach der Menge des auf anderem Wege (durch Haut, Lungen und Darm) entleerten Wassers richtet. Lehmann beobachtete ein Schwanken zwischen 30—50 Unzen. Das specifische Gewicht wechselt natürlich nach der Saturation der Harnflüssigkeit, die nach reichlichem Trinken heller ist und weniger feste Substanzen enthält (*Urina potus*); dagegen ist der am Morgen nach dem Aufstehen gelassene Urin dunkler und dichter (*Urina sanguinis*), während zwischen beiden der einige Stunden nach dem Essen gelassene Urin (*Urina chyli*) steht. Die Dichtigkeit im Mittel zu 1,03 berechnet, ergibt auf 1000 Theile 933 Wasser, was für den Tag 28—46 Unzen, also ungefähr die Hälfte des in den Nahrungskanal eingenommenen Wassers ausmacht. Ueberhaupt betreffen alle Ursachen, welche die Harnquantitäten beeinflussen, vornehmlich den Wassergehalt, da der an fixen Bestandtheilen directer von dem Verbrauch der organischen Gewebe abhängt. Beim frischen Menschenharn ist die Reaction sauer; sie wird erst alkalisch, wenn der Harnstoff durch Gährung sich in kohlensaures Ammoniak umsetzt. Auch Pflanzendiät kann den Urin alkalisch machen.

Chemische Harnbestandtheile.

Wir schicken eine Analyse des menschlichen Harns nach Lehmann voraus, um sodann die einzelnen Bestandtheile gesondert zu betrachten. 1000 Theile enthalten

Wasser		932,0
Harnstoff		32,9
Harnsäure		1,1
Kreatin, Kreatinin		1,5

Extractivstoff	11,5
Blasenschleim	0,1
Schwefelsaures Kali und Natrum	7,3
Phosphorsaures Natrum und Ammoniak	3,0
Chlornatrium, Ammoniumchlorür	3,7
Phosphorsaurer Kalk, Kieselerde	1,1
Lactate	1,7

Der Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2$) eine mit dem cyansauren Ammoniak ($HO \cdot C_2NO + NH_3$) metamere Substanz, die schon so sehr an der Grenze der organisirten Verbindungen steht, dass sie sich künstlich herstellen lässt, wird durch gelinde Abdampfung vielen Harns und Behandlung des noch warmen syrupdicken Rückstandes mit gleichen Gewichttheilen Salpetersäure gewonnen. Der aus salpetersaurem Harnstoff bestehende krystallinische Brei wird durch Umkrystallisiren und Kochen mit Thierkohle gereinigt, die Salpetersäure durch kohlenauren Baryt abgeschieden, die Lösung abgedampft, der Harnstoff durch Alkohol ausgezogen und durch neues Abdampfen in krystallinischer Form hergestellt. Er krystallisirt in farblosen langen Prismen, reagirt neutral und löst sich leicht in warmem und kaltem Wasser, so dass er in Krankheiten nie ein Sediment bildet. Mit vielem Wasser zerfällt er unter dem Einfluss des als Gährkörper wirkenden Schleims mit Entwicklung des eigenthümlichen Geruchs nach kurzer Zeit in Kohlensäure und Ammoniak; ein Vorgang, der sich leicht aus der Gleichung $C_2H_4N_2O_2 + 2HO = 2CO_2 + 2NH_3$ erklärt.

Harnstoff ist ein wesentlicher Bestandtheil im Urin und macht fast die Hälfte der fixen Harnconstituentien aus. Er enthält 46,70% Stickstoff und stellt die höchste Oxydationsstufe der albuminösen Gewebe und Nährstoffe dar. Bei gewöhnlicher Kost wird täglich ungefähr eine Unze Harnstoff $\equiv$ 220 Grane Stickstoff entleert, doch ist diese Menge eine wandelbare und von verschiedenen Momenten beeinflusst. Lehmann fand, dass er, als er 10 Tage lang bloss von animalischer Kost lebte, gegen $1\frac{3}{4}$ Unzen ausschied, ein Beweis, dass ein grosser Theil des secernirten Harnstoffs aus den Nahrungsmitteln stammt. Ein vier-tägiges Verharren bei Zuckerdiät ergab demselben Forscher nicht ganz eine halbe Unze, die man sonach für Rechnung der Gewebe registriren darf.

Starke Bewegung und Anstrengung, desgleichen der Genuss mancher Alkaloide (das Coffein z. B.) vermehrt die Harnstoffmenge. Auch die verschiedenen Alter modificiren das quantitative Verhältniss des Harnstoffs. Kinder scheiden relativ mehr, der mit geringerem Nahrungsbedürfniss behaftete Greis weniger aus. Der Einfluss des Geschlechts steht im Verhältniss zu der geringern Thätigkeit der Ernährungserscheinungen: der Frauenharn enthält durchschnittlich etwas über anderthalb Loth Harnstoff. Gelatin, das von keinem Gewebe angeeignet wird, scheint direct in Harnstoff sich umzusetzen.

Die Harnsäure ist ein weiterer stickstoffiger Harnbestandtheil von der Formel $C_{10}H_4N_4O_6$, der eine niedere Verbrennungsstufe der Eiweissstoffe darstellt, als

der Harnstoff, und 34 Procent Stickstoff enthält. Gereinigt erscheint sie als ein krystallinisches weisses Pulver, das man in den Laboratorien hauptsächlich aus den Excrementen der Schlangen, welche fast ausschliesslich aus diesem Körper bestehen, herstellt. Sie ist in Alkohol und Aether gar nicht, im Wasser nur sehr schwer löslich, leichter in ihrer Verbindung mit Natrum, in welcher sie beim Menschen aufzutreten pflegt, obschon zur grösseren Löslichkeit die Gegenwart des doppelt phosphorsauren Natrums seinen Beitrag geben muss; doch bildet dieses harnsaure Salz im erkaltenden Urin gerne einen Niederschlag. Krankhafterweise kömmt die Harnsäure bisweilen krystallisiert im Harn vor und erscheint als ein Sediment von rhombischen Prismen und rechteckigen Tafeln. — Die Bedingungen, welche auf das Mengenverhältniss der im normalen Urin nur sehr spärlich vorkommenden Harnsäure einwirken, sind in schwächerem Grad dieselben, welche die Harnstoffquantität beeinflussen, nur mit dem Unterschied, dass alles, was einen rascheren Stoffwechsel begünstigt, körperliche Anstrengung, Schweiss u. s. w., mindernd wirkt, sofern diese Momente nicht geeignet sind, dem Fortschreiten der Oxydation eiweissstoffiger Substanzen bis zur Harnstoffbildung Einhalt zu thun. Acute entzündliche Krankheiten, Gicht und Rheumatismus vermehren die Harnsäure im Blut, und diese wird am massenhaftesten im Harn ausgeschieden, wenn die Anfälle vorüber sind. Garret entdeckte harnsaures Natrum im Blut Gichtkranker, aus deren Harn sie vor den Gichtanfällen verschwunden war. Die Tophi bestehen aus harnsaurem Kalk, zu dessen Lösung die Aerzte Kalien anzuwenden pflegen. In vielen Schwächekrankheiten (Chlorosis, Hysterie, Spermatorrhöe u. s. w.) erscheint die Harnsäure um die Hälfte vermindert. In warmen Klimen, in welchen die Hautthätigkeit sehr beansprucht wird, soll Lithurie nie vorkommen, wesshalb ein entsprechender Ortswechsel solchen Patienten neben reichlicher Bewegung und spärlicher Fleischdiät von den Aerzten empfohlen wird.

Die Hippursäure ($C_{18} H_9 O_6 N$), so genannt weil sie zuerst im Urin der Pferde gefunden wurde, obschon sie auch bei anderen Pflanzenfressern vorkömmt, ist nach Liebig ein ständiges Element des menschlichen Urins, freilich in so geringer Menge, dass die meisten Analytiker sie übersahen. Auf ihr reichlicheres Auftreten haben die Ingesta Einfluss, indem nach Ure gewisse Benzoylverbindungen, z. B. Benzoessäure (wie es scheint in der Leber) Anlass zur Bildung von Hippursäure gegeben; die Benzoessäure ($C_{14} H_5 O_3$) nimmt nämlich unter Abgabe von einem Aequivalent Wasser die Elemente des stickstoffhaltigen Glycocolls ($C_4 H_5 N O_4$) auf (cfr. S. 123). Die Quelle, aus welcher die Hippursäure stammt, ist nicht näher erkannt; doch hat Städeler die Möglichkeit ihrer Bildung aus Eiweisskörpern nachgewiesen. Nach Ranke fehlt sie bei Menschen, welche mehrere Tage rein gewürzlose Kost genossen haben, und bei saugenden, desgleichen bei hungernden Pflanzenfressern, die beide

von animalischen Nährstoffen, respective Geweben leben, wird sie durch Harnsäure vertreten.

Das Kreatin und Kreatinin, zwei im Muskelsaft befindliche stickstoffige krystallisirbare Substanzen, von denen die erstere nur zwei Aequivalente Wasser mehr enthält, als die letztere ($C_8 H_9 M_3 O_4 + 2HO$), bilden sich unter dem Einfluss der Muskelthätigkeit. Sie finden sich im Blut und werden auch in kleiner Quantität durch die Nieren ausgeschieden. Man hält sie für eine der Quellen des Harnstoffs, denn man kann durch die Einwirkung von Alkalien aus dem Kreatin Harnstoff gewinnen, der auch schon im Muskelsaft gewisser Knorpelfische aufgefunden wurde (Frerichs und Städeler).

Die Harnfarbstoffe (Uroxanthin, Urrhodin, Uroglauzin) sind wegen ihres spärlichen Vorkommens und ihrer leichten Umsetzbarkeit nur wenig bekannt.

Die Extractivstoffe (die nicht krystallisirbaren Stickstoffsubstanzen), welche wahrscheinlich verschiedene niederere Oxydationsstufen der Eiweisskörper darstellen, sind in ihrer Zusammensetzung nicht bekannt; in Krankheiten können sie sich dermassen vermehren, dass sie die Menge des Harnstoffs überbieten.

Schleim und Epithelplättchen treten in veränderlicher Menge im Harn auf.

Als stickstofffreie Harnbestandtheile verzeichnen wir: die Milchsäure ($2HO \cdot C_{12} H_{10} O_{10}$), welche Lehmanns Tabelle unter den ständigen Constituentien aufführt und von der man früher die saure Reaction des Harns ableitete, kommt im normalen Urin nur vor, wenn viele milchsaure Salze ins Blut gelangen. Ihr Auftreten hängt von einer mangelhaften Oxydation des Bluts bei beeinträchtigtem Respirationsprocess ab.

Kohlensäure (CO_2) findet sich im frischgelassenen Urin der Menschen und Säugethiere.

Oxalsäure ($C_2 O_3$), ein steinbildender Bestandtheil des Kinderharns, kann auch bei Erwachsenen nach Genuss kohlensäurehaltiger Getränke, organisch-saurer Salze und bei gestörter Athmung, kurz unter Momenten vorkommen, durch welche das Blut mit Kohlensäure überladen wird.

Fett (Olein, Margarin, Stearin) in Spuren; in destructiven Nierenkrankheiten kann es so vermehrt auftreten, dass es in grossen Tropfen auf dem Harn schwimmt.

Die Salze, unter welche auch das stickstoffige phosphorsaure Ammonium gehört, betragen im Durchschnitt 1,8%, zeigen indess eine grosse Variabilität, da sie meist aus den Ingesten stammen; nur die Schwefelsäure und die Phosphorsäure des Urins sind zum Theil Oxydationen, das Ammonium ein Zerzeugungsprodukt der Eiweisskörper.

Zucker, Eiweiss und Galle im Harn.

Zucker ist nach Brügge ein normaler Harnbestandtheil, aber nur in so geringer Menge vorhanden, dass er mit den gewöhnlichen Reagentien nicht aufgefunden wird. Der bei dem Athmen aufgenommene

Sauerstoff verbrennt wahrscheinlich den ins Blut übergehenden Zucker zu Kohlensäure und Wasser; gelangen aber grössere Quantitäten in die Blutmasse, so scheidet sie sich zum Theil im Harn wieder aus. Ueber das massenhaftere Auftreten des Zuckers in der Zuckerharnruhr vergleiche S. 124.

Eiweiss kann im Harn unter allen Umständen auftreten, die in der Nierenarterie einen stärkeren Blutdruck bewirken, z. B. nach einer reichlichen Mahlzeit, starker Herzerregung, Ligatur der Aorta unterhalb der Nierenarterien u. s. w. Ein weiteres ursächliches Moment ist starke wässerige Blutverdünnung, welche die Ausscheidung des in schwächerer Lösung befindlichen Albumins durch die Nieren begünstigt (viele Wassersuchten). Ferner die sogenannte granulöse oder Brightische Nierenentartung. Im letzteren Fall liegt der Grund der Albuminurie wahrscheinlich ebenfalls in Bedingungen, welche den Seitendruck in den Nierengefässen erhöhen. Der Faserstoff, der dann häufig mit dem Eiweiss ausschwitzt, gerinnt in den Harnkanälchen und bildet einen Abguss von dem Lumen derselben, der später fortgeschwemmt wird. Solche Fibrincylinder schliessen dann auch Epithelzellen, Fetttröpfchen, Salz- und Fettkrystalle ein. Man pflegt den Eiweissgehalt durch Einwirkung der Siedhitze oder durch Anwendung von Salpetersäure, die einen in Essigsäure wieder löslichen Niederschlag gibt, zu constatiren.

Galle kann, wie in den übrigen Secretionen, so auch im Urin erscheinen, wenn ihre Ausscheidung aus dem Blut oder ihre Entleerung in den Nahrungskanal ein Hinderniss findet. Galliger Urin hat eine dunkle, und der durch Schütteln erzeugte Schaum eine gelbe Farbe. In der Gelbsucht wird der Urin nur durch das Gallenpigment gefärbt; doch fand Heller cholsaure und choleinsaure Alkalien im Harn bei Tuberkulose mit Muskatnussleber.

Harnsedimente und Harnsteine.

Die Harnsedimente sind Niederschläge in dem vielleicht ganz klar entleerten Harn, die meist aus Harnsäure und harnsauren Alkalien bestehen, da diese im kalten Wasser weniger löslich sind, als im warmen. Doch ist dies nicht der einzige Grund des Niederschlags, denn die Abscheidung des harnsauren Natrums ist an die durch die Atmosphäre erzeugte Umwandlung der farbigen Extractivstoffe, welche das Aufgelöstbleiben grösserer Mengen dieses Salzes bedingen, geknüpft, und es kann deshalb ein nicht sedimentärer Harn reicher sein an harnsauren Salzen, als ein sedimentirender. Die Bildung der schwerlöslichen Harnsäuresedimente hängt ebenfalls von der Harnzersetzung ausserhalb des Organismus ab, und zwar von der sauren Harngährung, welcher der normale oder kranke Harn früher oder später unterliegt und nicht selten von Pilzbildung begleitet ist. Sie beginnt bisweilen schon in der Blase unter dem Einfluss des Schleims, der als Gährkörper wirkt. Die alkalische Gährung, die nur bei Krankheiten in der Blase vor-

kömmt, ist durch die Umwandlung des Harnstoffs in kohlsaures Ammoniak bedingt und lässt die phosphorsauren Erdsalze niederfallen. — Starke Sedimente bemerkt man häufig in fieberhaften Krankheiten. Schleim und Epithelzellen mengen sich ihnen bei. Die röthlichen Belege im Nachtopf rühren von dem rothen Farbstoff (Urrhodin) her. Auch Eiter und Blutniederschläge kommen im Harn kranker Personen vor, desgleichen Samenkörperchen. Die pathologischen Harnsedimente enthalten auch die salzigen Stoffe, welche zur Herstellung der Harnsteine beitragen.

Harnsteine sind geformte Niederschläge, die sich schon in der Blase bilden und durch schalige Anlagerung vergrößern. Gelegentlich gibt ein fremder Körper den Kern für solche Incrustationen ab, denen der Schleim als Cement dient. Häufig ist auch der Kern eine andere salinische Verbindung, als die Schale. Man unterscheidet nach den vorherrschenden Bestandtheilen drei Hauptvarietäten: 1. Steine aus Harnsäure und harnsaure Salze; 2. Steine aus klee-saurem und kohlsaurem Kalk; 3. Steine aus phosphorsaurem Talkerdeammoniak.

Ingesta, die sich im Harn wieder finden.

Von den genossenen Substanzen, welche nicht als Nährstoffe verwendet werden können, gehen viele mit den festen Excrementen wieder ab, manche aber ins Blut über, um entweder verändert oder unverändert durch die Secretionsorgane wieder ausgeschieden zu werden. In die letztere Kategorie gehören, sofern die Nierensecretion in Frage kömmt, die meisten Mittelsalze und Farbstoffe; desgleichen die Riechstoffe des Baldrians, des Stinkasants, des Bibergeils, Knoblauchs, Safrans, Terpentin u. s. w.; ferner einige Pflanzenalcoloide, z. B. Strychnin, Chinin. Die unorganischen und die meisten organischen Säuren gehen meist an Basen gebunden in den Harn über, während die neutralen pflanzensauren, ebenso die milchsäuren Alkalien sich in kohlsaure umsetzen. Benzoesäure, Zimmtsäure werden zur Hippursäure, Schwefellebern zu schwefelsauren Salzen. Von den metallischen Körpern findet man Arsenik und Antimon sicher im Harn wieder, während es vom Quecksilber, Eisen, Gold, Silber, Zinn, Blei und Wismuth ungewiss ist oder erst nach längeren Perioden geschieht. Stoffe, die im Urin nicht wieder erscheinen und daher wahrscheinlich Ernährungsumwandlungen erleiden, sind Weingeist, Aether, Dippelsöl, Campher, Harz, der Farbstoff der Cochenille und der Alkanna, Calmus, Saftgrün, Coffein, Thein, Theobromin, Allantoin, Alloxanthin, Phlorrhizin, Asparagin, Amygdalin, Moschus.

Geschwindigkeit, mit welcher Ingesta im Harn erscheinen.

Ins Blut eingeführte Substanzen werden oft sehr schnell wieder durch den Urin ausgeführt; doch hängt die Geschwindigkeit ihres Wiedererscheinens von vielen Umständen, namentlich von der Diffusibilität des

Stoffs, seine Verwandtschaft zu den organischen Geweben und dem Moment der Verdauung ab. Stehberger, dem eine Versuchsperson mit Inversio vesicae zu Gebot stand, fand, dass Indigo und Krapp nach 15, Rhabarber und Gallussäure nach 20, eine Lösung des Farbstoffs von Campecheholz, Heidelbeeren oder Cassienmark nach 25 Minuten wieder austrat; doch hat er nicht dem Verdauungsmoment, das heisst dem Zwischenraum zwischen dem Ende der letzten Mahlzeit und dem Einbringen der Probesubstanz Rechnung getragen. Auch Erichsen experimentirte an einer umgestülpten Blase und machte die Wahrnehmung, dass Eisencaliumcyanür, wenn es 11 Stunden nach der letzten Mahlzeit gereicht wurde, schon nach einer Minute wieder im Harn erschien. Betrug der Abstand von der Mahlzeit 4 Stunden, so brauchte die Drogue 2 Minuten, nach $1\frac{1}{2}$ Stunden gereicht $6\frac{1}{2}$, nach einer Stunde 14 Minuten. Wurde das Cyanür 25 bis 2 Minuten nach dem Essen genommen, so musste er auf den Wiederaustritt 16 bis 40 Minuten warten. Gewisse giftige Substanzen halten sich bisweilen geraume Zeit in einzelnen Geweben (Leber, Nieren u. s. w.) auf, so dass in ihnen Spuren noch nach Monaten gefunden werden können.

3. Hautsecretionen.

Wir haben einer gewissen Form der Hautsecretion, der Aushauchung von Wasser, welche in den Capillaren der Lederhaut ihren Sitz hat, schon S. 106 Erwähnung gethan und auch die tropfbare Ausscheidung berührt, welche von den Schweissdrüsen geliefert wird. Letztere liegen in dem Fettgewebe der Haut und bestehen je aus einer blindendigen zu einem Knäuel verstrickten Röhre, welche die Haut und Oberhaut spirallig durchsetzt und durch diese Anordnung gegen die Einwirkung von Druck und Reibung geschützt wird. Jede solche Drüse ist von einem Capillarnetz umspinnen; sie haben im Mittel einen Durchmesser von $\frac{1}{33}$ Linie und sind an manchen Stellen, z. B. in der Handfläche und Fusssohle so zahlreich, dass auf einen Quadratzoll mehrere Tausende kommen, während sie an anderen, z. B. in der Ohrmuschel, dem äusseren Gehörgang u. s. w. fehlen. Die grössten kommen in der Achselgrube vor.

Der S c h w e i s s, das Secret der Schweissdrüsen, über dessen Bedeutung wir bei der thierischen Wärme gesprochen haben, enthält 0,8 bis 2,5% feste Stoffe in Wasser gelöst; diese bestehen fast zur Hälfte aus unorganischen Salzen, hauptsächlich Chlornatrium, zu einem Viertel aus Harnstoff, der Rest aus schweiss-sauren und milchsauren Alkalien; auch etwas Fett und Epithelzellen sind ihm beigemischt. Die saure Reaction des frischen Schweisses kömmt nach Redtenbacher und Lehmann auf Rechnung gewisser Fettsäuren, der Capryl-, Capron- und Metacetonsäure.

Der Drüsentalg ist das schmierige Secret der Talgdrüsen (schlauchförmiger oder acinöser Drüsen, die entweder auf die Haut oder in einen Haarbalg ausmünden) und dient dazu, die spröde Harnsubstanz

der Epidermis und namentlich den Harn geschmeidig zu erhalten und einigermassen vor Durchfeuchtung zu schützen. Die Quelle desselben ist die Fettmetamorphose, welche der eiweissige Inhalt der in den Drüsen enthaltenen Zellen erleidet. Chemisch besteht die Talgsmiere aus elainreichem Fett, Fettseifen, Cholestearin, einer nicht näher bestimmbaren Eiweisssubstanz und Trümmern von epidermalartigen Zellenwandungen; in den Aschenbestandtheilen überwiegen die phosphorsauren Erdsalze. Sie mischt sich stetig in geringen Mengen dem Schweiss bei und wird mit besonderer Energie im äusseren Gehörgang, an der Vorhaut und von den Meibomischen Drüsen der Augensclera ausgeschieden.

Die Oberhaut selbst und die Horngebilde der Haare und Nägel, diese Produkte des Papillarkörpers der Haut, werden häufig auch als Hautsecreta verwerthet, sofern bei der stetig vor sich gehenden Abschuppung, dem Ausfallen der ausgewachsenen Haare und der Kürzung der Nägel eine Quelle des Ausstosses stickstoffiger Substanz geboten ist.

4. Schleimsecretion.

Alle Schleimhäute sind reichlich mit röhrigen oder acinösen Drüsen versehen, deren Cylinder- oder Plattenepithel eine erweiterte Bildungsstätte des Schleims ist, sofern der ganzen freien Schleimhautoberfläche mit ihrem Epithel dieselbe Function zukömmt. Der Schleim ist eine klare, schlüpfrige, fadenziehende, alkalische Flüssigkeit, die in vielem Wasser gewisse organische Elemente (Schleimkörperchen, Epithelzellen), Salze und einige wenig bekannte gelöste Extractivstoffe enthält. Das Verhältniss des Wassers ist sehr wandelbar. Erscheint die Ausscheidung einer Schleimhaut gesteigert, wie z. B. beim Schnupfen, so reducirt sich der Gehalt an organischen Stoffen auf ein kleinstes, während andererseits der Zutritt der Luft (in der Nasenhöhle) ihn zur Verdickung und Verkrustung disponirt. Die Schlüpfrigkeit des Schleims macht ihn geeignet, die Wirkung der Frikction abzuschwächen, während zugleich der Widerstand, welchen er den Verdauungssäften entgegensetzt, als Schutz gegen die Lösung der Körpergewebe selbst dient. Wahrscheinlich wirkt er auch an manchen Stellen (im Darmkanal, in der Blase) als Gährkörper mit, indem die zusammengesetzten Stoffe, die wir als Speicheldiastase und Pepsin kennen gelernt haben, Schleim enthalten. Das Mucin ist nicht resorbirbar und wird ausgeschieden, während die übrigen Schleimbestandtheile möglicherweise wieder ins Blut zurückkehren.

Des Speichels, des Magensafts, Pankreassafts und Darmsafts ist bei der Verdauung Erwähnung geschehen.

5. Seröse und synoviale Secretionen.

Die Flüssigkeit, welche die innere Oberfläche der innern serösen und Synovialhöhlen befeuchtet, soll die

Theile schlüpfrig erhalten und ist in der Regel nur in geringer Menge vorhanden. Ihre Absonderung geschieht nicht durch Drüsen, sondern durch die den Hohlraum auskleidenden Häute selbst, die auf ihrer Innenfläche mit einer einfachen Zellschichte bedeckt sind. Die Flüssigkeit der serösen Häute ist wohl als einfaches Transudat zu betrachten und zeigt im Humor aqueus und im Amnion eine massenhaftere Anhäufung; sie besteht in etwa 99⁰/₀ Wasser und in verschiedenen Salzen, denen sich etwas Eiweiss, milchsaures Natrum und eine im Alkohol lösliche organische Substanz beimengt. Nach Umständen können in ihre Mischung auch Harnstoff, Gallenfarbstoffe und Zucker eingehen.

Die Gelenkschmiere (Synovia) enthält neben den Blutsalzen beträchtlich mehr Eiweiss als das Serum der serösen Seite (6,4⁰/₀), Mucin, etwas Fett und abgestossene Epithelzellen; sie hat in den Erscheinungen der Ortsbewegung die Rolle der Stoffe zu vertreten, welche bei Maschinen zu Schlüpfrigmachung der unter Friktion stehenden Theile angewendet wird.

Die Schleimbeutel- und Sehnenscheidenflüssigkeit enthält nebenbei noch eine nicht näher erforschte gallertartige Substanz.

A n h a n g.

Die Blutgefässdrüsen.

Sie sind drüsenähnliche Gebilde, die aber eines Ausführungsganges entbehren. Ihre Verrichtungen sind noch wenig erforscht, obschon, da sie theilweise sehr blutreich sind, die Vermuthung nahe liegt, dass sie in Beziehung zur Blutbereitung stehen.

Die Milz

besteht aus einer fibrösen Hülle, von welcher aus durch die Pulpe ein mit muskulösen Fasern durchsetztes areolares Balkenwerk sich ausbreitet. Durch die cylindrischen Muskelfasern wird die Milz contractil. Die Pulpe ist eine dickliche Masse von bläulich-rother Farbe, in welcher man unter dem Microscop Kerne, Zellen, spindelförmige Kernfasern und Blutkörperchen in verschiedenen Umwandlungsphasen, sogar in Häufchen geballt oder von einer Zellmembran umschlossen, wahrnimmt. An den feinsten Verästelungen der starken Arterie sitzen die sogenannten Malpighischen Körperchen, blasige Gebilde mit einem der Milzpulpe ähnlichen Inhalt, welche mit den unterliegenden Gefässen nicht communiciren. Die Arterien gehen in die Venen vermittelt eines groben Capillarnetzes über, dessen feine Maschen mit den Lymphkörperchen ähnlichen Zellen ausgefüllt sind. Man will an den Wandungen der entstehenden Venen eine Menge Oeffnungen wahrgenommen haben, so dass die areolaren Maschenräume nach Art der erectilen Gewebe kleine Divertikeln für die Venen bilden und ein Eintritt

von geformten Blutelementen ermöglicht wird. Ob die Sache sich wirklich so verhält, ist freilich noch nicht über allen Zweifel erhoben und wird auch von manchen Seiten angestritten.

Ueber die Function der Milz ist nur wenig Sicheres bekannt; sie kann ausgerottet werden, ohne dass die Thiere zu Grund gehen, woraus freilich nur so viel hervorgeht, dass ihre Verrichtung wahrscheinlich durch andere Gewebe oder Organe ersetzt werden kann. Die grosse Menge von Lymphkörperchen, die sowohl in den Malpighischen Bläschen, als in der Pulpe vorkommen und bei Milztumoren in den Milzvenen so zahlreich auftreten, dass sie die Blutfarbe alteriren (Leukämie), dürfte darauf hinweisen, dass hier ein Bildungsherd für diese Blutbestandtheile ist und die Milz als eine mächtige unmittelbar mit dem venosen System in Verbindung stehende Lymphdrüse angesehen werden kann. Wie diese Bildung vor sich gehen mag, ob durch Theilung oder einen Neuformungsprocess, darüber sind keine Anhaltspunkte gegeben. Dagegen haben Funke, Billroth und Kölliker in der Milz Elemente wahrgenommen, welche sie als entstehende rothe Blutkörperchen deuten möchten, nämlich kleine gelbliche Zellen in den Lymphkörperchen und anderartige Uebergänge der letzteren zu der Blutscheibchenform; eine Bestätigung dieser Beobachtung dürfte unter der Voraussetzung ihrer richtigen Deutung für die Kenntniss der Milzfunction massgebend werden. — Nach anderen Ansichten wäre die Milz vielmehr der Ort, wo die rothen Blutkörperchen ihren Untergang finden. Kölliker sieht in der Milzpulpe eine Anhäufung von Blutscheibchen, die sich in verschiedenen Zersetzungsstadien befinden, und Moleschott constatirt aus seinen Untersuchungen an Fröschen, dass die Ausrottung der Milz eine Anhäufung von rothen Körperchen im Blut nach sich zieht. Nach Beclard zeigt das aus der Milz zurückkehrende Blut constant eine Vermehrung des Fibrins, das er aus dem Zerfall der Blutkörperchen ableitet und für die erste Oxydationsstufe des Eiweissstoffes hält, bedingt durch den den Scheibchen inhärirenden Sauerstoff; der Leber sei es dann vorbehalten, die weiteren Umwandlungen vorzunehmen. — Diese Gegensätze in der Beurtheilung schliessen sich allerdings nicht aus, sofern in den Capillaren andere Vorgänge stattfinden können, als in den Maschenräumen der Pulpe.

Die organischen Muskelfasern der Milz bedingen die Contractilität dieses Organs, in welchem der Blutstrom einen intermittirenden Charakter zeigt. Nach Dobson schwillt es nach beendigter Chymusbildung an, hat fünf Stunden nach der Mahlzeit seine grösste Füllung erreicht und erscheint nach zwölf Stunden klein und blutarm. Die Application des Inductionsapparats bewirkt eine Verkleinerung der Milz.

Schilddrüse, Thymus und Nebennieren.

Ueber die Functionirung dieser Organe ist gar nichts bekannt. Die Schilddrüse kann ausgerottet werden ohne allen Nachtheil für das Leben, und die Thymusdrüse atrophirt im Lauf der Kindheit bis zum gänzlichen Verschwinden. Auch die Nebennieren sind beim erwachsenen Menschen viel kleiner, als beim Fötus und beim Säugling; eine Entartung derselben bewirkt nach Addison eine bronzige Färbung der Haut.

Achtes Kapitel.

Die Ernährung der Gewebe.

Wir haben in dem bisher Gesagten die von der Aussenwelt gebotenen Ernährungselemente und ihre durch die Lebensnutzungen herbeigeführten Veränderungen, wie sie in den Secretionsprodukten zur Untersuchung kommen, kennen gelernt und daraus einen Allgemeinumriss über den thierischen Stoffwechsel gewonnen, in dessen Zwischengliedern wir auf zur Zeit rein unausfüllbare Lücken stossen, während die Verbindung anderer eben auf hypothetischen Grundlagen beruht. Die Nährstoffe gehen, nachdem sie gewisse chemische Veränderungen erlitten, ins Blut ein und werden selbst zu Blut — wo und wie? das wissen wir nicht. Unter dem Einfluss physikalischer Gesetze (des Blutdrucks und der Exosmose) tränken Blutbestandtheile die Gewebe, wahrscheinlich in einem nach Druckintensität und Gefässwandungsdicke wechselnden qualitativen Verhältniss, und der vom Blut den Geweben zugeführte Sauerstoff dient dazu, gewisse chemische Verbindungen herzustellen, die, wie jeder Verbrennungsprocess, von Electricitätsentwicklung (hier in Kraft und Wärme gliederbar) begleitet ist. Diese Verbindungen, welche sich auf Kosten der Gewebe bilden, haben wir nach unterschiedlichen Umwandlungsphasen durch die Secretionsorgane zum Ausstoss kommen sehen. Aber was in solcher Weise verbraucht wurde, muss wieder ersetzt, beim im Wachsen begriffenen Menschen sogar im Ueberschuss ersetzt werden. Der Vorgang dieses natürlich aus dem Blute stammenden Ersatzes ist eine von den dunkelsten Partieen der Physiologie.

Das aus den Gefässen ausgetretene Blutplasma tränkt die Gewebe; wir wissen, dass ein Theil desselben von den Lymphgefässen gesammelt und wieder in den Blutkreislauf zurückgeführt wird; ein anderer muss dem Ersatz der verbrauchten Gewebe dienen. Wie dies vor sich geht, hat man sich durch die Theorie von der Zelle und ihrem Leben zu erklären gesucht. Aber wir treffen schon im ersten Moment auf wesentlich verschiedene Anschauungen, indem die einen Forscher in der Zelle eine wahre Neubildung (Globu-

lartheorie), andere (in der Virchowschen Cellulartheorie) das ursprünglich Gesetzte, das durch innere Thätigkeit sein Wachsen, Vermehren und Entwickeln bewirkt, erkennen. Der Rahmen unseres Grundrisses gestattet uns nicht weiter als diese Andeutung, über die ich mich im 4. Band dieser Repetitoriensammlung (Grundriss der Anatomie des gesunden menschlichen Körpers S. 6 u. f.) näher eingelassen habe. Im übrigen muss ich auf die histologischen Lehrbücher verweisen und mich hierorts darauf beschränken, der Ernährung der Einzelngewebe zu folgen, für die wir, wenn auch die Zellen ursprünglich formell identisch sein sollten, in ihrer Action specifische Verschiedenheiten annehmen müssen. Wir haben vorausgeschickt, dass die Ernährung um so energischer vor sich geht, je gefässreicher ein Gewebe ist.

Die Epidermal- und Epithelialgebilde zeigen eine stetige Ernährungsbewegung von der Bildung an bis zum Untergang. Das von dem Papillarkörper der Cutis ausgeschiedene Plasma organisirt sich zu sphärischen Zellen, die durch den Nachbardruck polyedrisch werden, beim Vorrücken sich abplatten und in den obersten Schichten die vertrocknete, verhornte und zum Abfall reife Schuppenform zeigen. — Das Epithel der Schleimhäute besteht in der Regel aus spindel-, kegel- oder plattenförmigen Zellen, welche wie die der Epidermis aus sphäroidischen hervorgegangen sind; die kegelförmigen kehren ihre Basis der Oberfläche zu und sind an manchen Stellen mit gewimperten Anhängen versehen. Auch ihre Bildungsstätte ist ein bindegewebiger Papillarkörper mit einem reichen Capillarnetz, von dem aus die Nachschübe die oberste Schichte dem Untergang zudrängen. — Bei dem nicht geschichteten Pflasterepithel der serösen Häute entzieht sich der Ernährungsvorgang der Beobachtung; wenn hier ein Umsatz stattfindet, so haben wir augenscheinlich einen vollständigen Ernährungsact, sofern die verbrauchten Elemente nothwendig ins Blut zurückkehren müssen, wenn sie neuen Platz machen sollen. Anders verhält sich dies bei den serösen Häuten der Gelenke und Schleimbeutel, in deren Synovia man stets Trümmer von Zellen wahrnimmt (letztere haben wahrscheinlich den Schleimstoff zu liefern). — Die Nägel entstehen, wie die Epidermis, auf Kosten des vom Papillarkörper der Haut gelieferten Plasmas. Das Wachsen in die Länge geht hauptsächlich von dem Nagelfalz, das Wachsen in die Dicke von dem Nagelbette aus. Die aus dem Plasma sich bildenden Zellen platten sich wie die Epidermiszellen ab, und ihre Blätter greifen hohlziegelförmig ineinander. Bei den Haaren liefert das Bildungsmaterial eine einzelne Hautpapille mit ihrer Gefässschlinge, deren Plasma sich zu den kugeligen Zellen der Haarzwiebel umsetzt. Diese Zellen gehen allmählig zum Theil durch Verhornung in Hornschüppchen, zum Theil durch Vertrocknen in die Markzellen über; durch nachwachsende Generationen werden sie vorwärts geschoben, wobei der Haarkörper von der innern Auskleidung des Haarbalgs einen verhornten Epidermalüberzug mitnimmt. Im gebildeten Haar ist der Stoffwechsel gering, doch

nicht ganz unterdrückt, denn man sieht dunkle Haare von der Spitze herein grau werden. Haben die Haare eine bestimmte Länge erreicht, so hört ihr weiteres Wachsthum auf; hält man sie dagegen unter der Scheere, so wachsen sie stetig fort. — Das Mucin und Keratin, diese Hauptelemente der Epithel- und Epidermalbildung, geht vermöge einer wenig bekannten Metamorphose von dem Eiweissstoff des Blutes aus; das Mucin scheint sich schon unter dem Einfluss der atmosphärischen Luft in Keratin umzuwandeln. Der Widerstand, welchen das Epithel- und Epidermalgewebe den gewöhnlichen chemischen Lebensprocessen entgegensetzen, macht sie zu guten Schutzmitteln der Theile, die sie überziehen, obschon das erstere mit seinen Zellen bei den Secretionen auch noch eine andere Rolle zu übernehmen hat.

Das Knorpelgewebe ist gar nicht oder doch nur sehr spärlich von Gefässen durchzogen; es haben daher die Ernährungsflüssigkeiten meist grosse Strecken auf diffusivem Wege zu durchdringen, um an alle Punkte zu gelangen. Dass die Zellenbildung bis zur vollen Ausbildung des Gewebs im Erwachsenen ihren Fortgang nimmt, ist wohl eine bekannte Thatsache, nicht aber ob der fertige Knorpel noch eines Stoffwechsels fähig ist; wenn ein solcher stattfindet, so kann er nur ungemein träge vor sich gehen. Die krankhafte Erweichung, Fettmetamorphose und Atrophie des Gewebes, welche bisweilen vorkommen, lassen zwar eine Vermuthung, aber keinen zwingenden Schluss für einen normalen Umsatz zu; dasselbe gilt von der Gefässbildung und Verknöcherung, welche man bisweilen als eine senile Erscheinung wahrnimmt.

Im Knochengewebe geht gleichfalls beim wachsenden Menschen eine starke Ernährungsbewegung vor sich, welche in Anlagerungen vom Periost aus und im Untergang des Gewebs nach dem Gefässnetz hin besteht, das die Markhöhlen auskleidet. Dass in letzteren ein Gewebeschwund stattfindet, ergibt sich schon aus dem Umstand, dass die Knochen ursprünglich solide Knorpelstücke sind, und man hat für den Vorgang experimentativ den Beweis durch Fütterung von Thieren mit Färberröthe zu führen gesucht. Eine solche Fütterung färbt die Knochensubstanz; hört man damit auf, so legt sich um den rothen Knochen vom Periost aus eine weisse Knochenschicht an, die stetig sich erbreitert und die rothe stetig gegen die Markhöhle zurückdrängt, bis diese endlich verschwunden ist. Ebenso rückt ein Plättchen nicht oxydirbaren Metalls, das man unter ein losgelöstes Stück Periost bringt, bis in die Markhöhle vor. Aber wie verhält sich die Sache beim ausgebildeten Knochen? Wenn das Goldplättchen nach der Markhöhle zurücktritt, so kann dies in Folge einer durch die Ablösung der Beinhaut bedingten krankhaften Gewebsresorption geschehen, und die Krappfütterung gibt nach lange fortgesetzter Anwendung wohl eine gleichförmige Knochenröthung, aber beim Aussetzen keinen Ansatz einer weissen Schichte. Man hat sonach keinen Beweis für den Umsatz. Gleichwohl gibt es einige Umstände, welche für denselben sprechen dürften. Einmal ist das Ge-

webe stark durchfeuchtet von Plasma, das sogar in einem fein verzweigten Kanalnetz circuliren kann. Verliert bei einem Erwachsenen der Knochen einen Theil seines Periosts, das heisst seiner Gefässe, so nekrosirt er, und die gefässlose Partie löst sich von der lebendig gebliebenen ab. Ferner erscheinen beim Greis die Markkanäle der Röhrenknochen weiter, während die Knochensubstanz selbst sich verdichtet, also auf der einen Seite Resorption, auf der anderen secundäre Ablagerung von Knochensubstanz. Knochen, deren Muskel gelähmt sind, schwinden, solche, deren Muskel viel angestrengt werden, gewinnen an Kalkgehalt. Auch der Kalkgehalt der Nahrungsmittel hat Einfluss auf die Grösse des Knochens.

Das Muskelgewebe zeigt den Ernährungsvorgang mit grosser Entschiedenheit. Seine Faser ist an sich schon eine Oxydationsstufe des Albumins; aber man findet in dem Gewebe auch vorgerücktere Verbrennungsprodukte der eiweissstoffigen Substanzen, welche auf eine fortlaufende, mit der mechanischen Arbeit und der Wärmebildung in Verbindung stehende Zersetzungsthätigkeit hinweisen. Leibesbewegung und Nahrung üben auch beim ausgewachsenen Thier einen begünstigenden Einfluss auf die Zunahme der Muskelmassen. Man hat früher angenommen, dass hiebei nur die Primitivfasern sich verstärken; doch ist von Budge durch Untersuchungen an Fröschen nachgewiesen, dass aus den Kernen des Sarkolemmes auch neue Fibrillen entstehen. Daraus erklärt sich, dass Personen, bei welchen die Muskulatur durch Krankheiten atrophisch geworden ist, wieder so kräftig werden können, wie nur je.

Das Nervengewebe muss einem lebhaften Stoffwechsel unterworfen sein, obschon wir keinen directen Beweis dafür liefern können; denn es stellt bald seine Functionen ein und wird sogar für längere Zeit functionsunfähig, wenn ihm die Zufuhr von Blut, respective Ernährungsmaterial abgeschnitten ist. Allerdings findet man bei hungernden Thieren dieses Gewebe und selbst seine Fetttheile am wenigsten verändert; doch ist dies kein Beweis für die Beharrlichkeit der Nervenenelemente, da die Erscheinung sich leicht aus der sehr wahrscheinlichen Annahme erklären lässt, dass der Nerv von allen anderen Geweben zehre und sich auf Kosten derselben zu erhalten strebe.

Das Bindegewebe mit seinen abgeleiteten Gebilden (Sehnen, Bänder, seröse und fibrose Membranen, elastisches Gewebe u. s. w.) scheint trotz der Leichtigkeit seiner Bildung nur einem geringen Stoffwechsel zu unterliegen, wie aus dem Umstand hervorgeht, dass der Darbezustand keine bedeutende Verminderung nach sich zieht und hier nicht wie bei den Nerven die Wichtigkeit des Gewebes die Vermuthung einer vorzugsweisen Ernährung auf Kosten anderer Gewebe nahe legt. Wenn übrigens auch in den festen Theilen des Bindegewebes der Umsatz sich auf ein Minimum beschränkt, so geht doch in den Bindegewebskörperchen, die in allen vom Bindegewebe abgeleiteten Geweben vorkommen, eine so lebhafte Ernährungsbewegung vor sich, dass durch ihre Vermittlung sogar

gefässlose Gewebe (Knorpel, Cornea) ernährt werden können und manche Forscher in ihnen und ihren Ausstrahlungen die Wurzeln des Lymphsystems zu erkennen geneigt sind. — Im lockeren Bindegewebe füllen sich die Zellen gerne mit Fett und stellen dann das Fettgewebe dar, das jedoch um der Vergänglichkeit seines Inhalts willen eher als ein Reservoir denn als ein ständiges Gewebe erscheint. Bei der Thiermast sammelt sich das Fett hauptsächlich unter der Haut, im Bauchfell und zwischen den Muskeln an, während es im Herz, Knochen, Lungen, Gehirn u. s. w. keinen merklichen Zuwachs gewinnt. In den vorgedachten Magazinen des respiratorischen Nährelements tritt das neue Fett zum alten und bleibt ruhig neben demselben liegen, so lange die Menge und Beschaffenheit des Futters ausreicht, das für den Athmungsprocess erforderliche Brennmaterial zu liefern. Es ist durch Versuche ermittelt, dass zum Anbau von Fett reine Stärkemehl- oder reine Fettnahrung nicht ausreicht, sondern dass im Futter beide diese Nährelemente nach gewissen Verhältnissen enthalten sein müssen. Wegen der grossen Schwierigkeit, mit welcher neutrale Fette thierische Membranen durchsetzen, hat man es zweifelhaft gefunden, ob das Fett der Gewebe direct aus der Nahrung stamme. Möglich dass es sich erst durch Umsetzung von Eiweissstoffen bildet, die als wässrige Lösungen in die Zellen eindringen; allein diese Annahme scheint nicht nöthig zu sein, sofern das Gewebefett bei der Resorption gleichfalls durch Membranen gehen muss. Muskelruhe ist der Fettablagerung günstig, während Anstrengung verbrauchend wirkt.

Ersatz von Substanzverlust in den Geweben.

Die Epithel- und Epidermalgebilde ersetzen sich vollständig wieder, so lang der unterliegende Papillarkörper nicht zerstört ist. Im letzteren Fall geschieht der Ersatz durch ein anderes, das sogenannte Narbengewebe, einem aus dem Plasma organisirten Bindegewebe, das die Eigenschaft besitzt, im Lauf der Zeit sich mehr und mehr zu contrahiren. Die Krystalllinse, welche aus einer Einstülpung der äusseren Haut entsteht, so dass die Kapsel trotz ihrer Gefässlosigkeit als ein Analogon der Lederhaut und die Linse selbst als Epidermalgebilde betrachtet werden kann, regenerirt sich in einer gesunden Kapsel vollständig, während dies in einer kranken nur mangelhaft oder gar nicht geschieht.

Das Knochengewebe ersetzt seine Substanzverluste selbst in sehr ansehnlicher Ausdehnung aus dem Plasma, das die benachbarten Gewebe, namentlich die Gefässe des Periosts liefern. Dieses Plasma organisirt sich zu Bindegewebe, dem Substrat des Knochengewebes, in welchem sich die Erdsalze ablagern und zu einer Neubildung Anlass geben, die sich vielleicht der Form nach anders verhält, als der verlorene Theil, aber alle die histologischen Merkmale ächten Knochengewebes zeigt. Nach Förster beginnt die Verknöche-

rung an den Wänden der Bindegewebskörperchen, deren zahlreiche Ausläufer mit denen der Nachbarzellen in Verbindung treten; dann lagern sich die Kalkkörner in die faserige Intercellularsubstanz ab, die allmählig zur homogenen Knochenmasse wird und mit den Zellenwänden verschmilzt, so dass nur noch die Höhlen der sogenannten Knochenkörperchen und ihre Ausstrahlungen zurückbleiben. Von den Geweben, welche das Blastem liefern, erscheint das Periost als das wichtigste, so zwar, dass ihm für die plastische Chirurgie eine bedeutende Rolle vorbehalten sein dürfte. Es hat nach Olliers Versuchen ein selbstständiges Leben und spendet sein verknöcherndes Exsudat, selbst wenn es abgelöst und an andere Stellen hin verpflanzt wird (z. B. vor der Tibia zwischen die Gefäßmuskulatur). Man bemerkt zuerst an der so dislocirten Beinhaut Anschwellung und Flüssigkeitserguss; die Capillaren füllen sich mit Blut, und an der Innenfläche entsteht eine Ausschwitzung, die bald härter und knorpelartig wird. Die Ablagerung der Kalkmasse beginnt vom 7—8. Tag, ohne dass Knorpelbildung voranzugehen braucht. Im ersten Blastem erkennt man mittelst des Microscops eine gleichartige oder körnige Grundmasse mit einzelnen Zellen und vielen Kernen; später wird sie faserig, und dann lagern sich Kalkkörner ab. Geht Knorpelbildung voran, so bemerkt man nie die regelmässigen Reihen der Knorpelkörper, welche bei normaler Verknöcherung vorkommen. Kratz man das an der Innenseite liegende Blastem ab oder zerstört man es mit Höllenstein, so bleibt die Knochenbildung aus und die Beinhaut verhält sich als eine einfache Fasermembran; sie erzeugt also nicht unmittelbar den Knochen, sondern das Blastem, aus welchem sich die Knochenmasse entwickelt. — Man trifft bisweilen in den Geweben knochenähnliche Bildungen, die mit dem wahren Knochen nur das Aussehen und die Härte gemein haben, dem Wesen nach aber nichts anderes als amorphe Ablagerungen von Kalksalzen sind (Verkreidung). Die wahre Verknöcherung (mit Knochenkanälchen und Knochenkörperchen) kömmt bloss an den Knochen selbst, in den Muskelsehnen, wo sie sich an den Knochen anheften, und am Faserknorpel vor.

Knorpelgewebe, das durch Krankheit oder experimentativ zerstört wurde, ersetzt sich nicht wieder, während Zusammenhangstrennungen durch Bildung von Narbengewebe ausgeglichen werden können. An den Rippenknorpeln wird das fibröse Narbengewebe häufig ein Sitz von Verknöcherung.

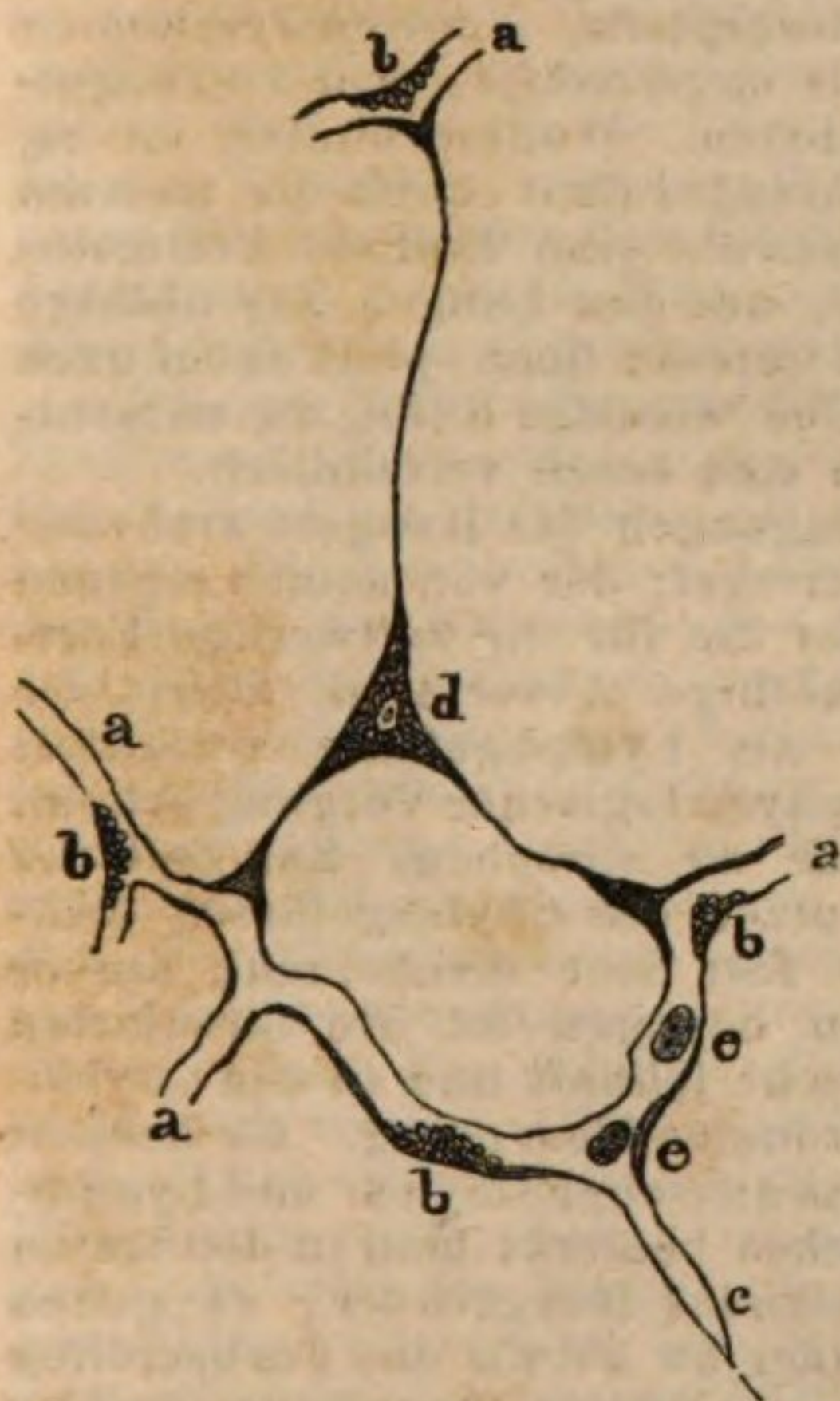
Im Muskelgewebe heilen Wunden und Substanzverluste nur durch Narbengewebe.

Nervengewebe. Regeneration von Gehirn- und Gangliensubstanz scheint nicht stattzufinden, während dagegen durchschnittene oder auf kurze Entfernungen (nicht über 3 Linien) getrennte Nerven ihren Zusammenhang durch Narbensubstanz wieder herstellen, in welche mit der Zeit Nervenprimitivfasern eingehen, so dass die Leitungsfähigkeit des Nerven restituirt wird.

Getrennte Gefässe. Abgetrennte Nasen, Ohren u. s. w. können mit der Trennungsstelle wieder verwachsen und in den Kreislauf des Lebens eingehen.

Dies geschieht durch Herstellung von vermittelnden Capillaren, die sich später erweitern. Solche Capil-

Fig. 22.



laren können aus den Bindegewebskörperchen hervorgehen, wie Kolliker im Schwanz der Froschlarve beobachtet hat. (Siehe Fig. 22. Die Ausläufer einer Bindegewebszelle d verbinden sich mit den Capillargefäßen b b b b und werden permeabel.) Nach Unterbindung und Unwegsamkeit oder nach einer stärkeren Verletzung von Gefäßen gerinnt von der geschädigten Stelle an bis zum Abgang eines größeren Asts das Blut, das sich mit dem verstopften Gefäß zu einem bindegewebigen Strang organisirt (Obliteration); jenseits des letzteren aber bilden sich neue Gefäße oder erwei-

tern sich Capillaren, um die Circulation wieder herzustellen. Auch kleinere Arterien können sich erweitern und die unterbrochene Circulation durch einen Collateralkreislauf vermitteln. Afterorganisationen zeigen häufig in grosser Ausdehnung Gefäßneubildung.

Häute, Drüsen, und Sehnen regeneriren sich nicht, sondern gleichen ihren Substanzverlust durch Narbengewebe aus; doch hat Mayer nach Exstirpation der Milz eine neue kleine entstehen sehen.

Getrennte Secretionskanäle können, wenn man ihre beiden Enden mit einander in Berührung bringt, wieder zusammenheilen; auch bemerkt man nicht selten, dass sie nach Unterbindung und streckenweise stattgefundenener Obliteration aufs neue wegsam werden. Die Kanalwandungen schwellen nämlich entzündlich an, die Wülste zu beiden Seiten des Bandes fließen zusammen und vereinigen sich über dem Band; endlich löst sich im Innern der strangulirte Theil des Kanals ab, und die Permeabilität ist wieder hergestellt.

Wirkung ungenügender Ernährung.

Dieser Gegenstand ist schon S. 12 besprochen, und es bleibt uns nicht viel mehr nachzutragen. Das Schwinden der Gewebe beim Hungern kömmt vornämlich auf Rechnung der fettigen Substanzen und des Muskelfleisches, dessen Fasern nicht bloss sich verdünnen, sondern theilweise auch durch Fettmetamor-

phose zu Grund gehen. Die animalischen Muskeln verlieren ihre Querstreifung, füllen sich mit Fetttröpfchen und werden schliesslich resorbirt. Unthätigkeit eines Muskels kann gleichfalls diese fettige Entartung nach sich ziehen; doch kommen dann die Fibrillen nicht nothwendig zur Resorption, sondern erscheinen unter dem Microscop als ungestreifte, von Fettkügelchen durchzogene Bändchen. Wahrscheinlich ist es, dass bei fehlender Nahrungszufuhr auch die meisten übrigen atrophirenden Gewebe eine ähnliche Fettmetamorphose durchmachen, um den Lungen das nöthige Respirationsmaterial zu liefern; doch spielt dabei auch die Blutverminderung eine wichtige Rolle, da namentlich die Blutkörperchen sich rasch vermindern.

Das unter den Bedingungen des Hungers stehende Thier wird zum Fleischfresser, der von seinen eigenen Geweben zehrt. Ob hier die für die zeitweilige Fortführung des Lebens nöthige Absorption durch die Capillaren oder durch die Lymphgefässe vermittelt wird, ist ungewiss. Ein physiologischer Vorgang scheint für die erstere Annahme zu sprechen. Zur Zeit der Verdauung nämlich strotzen die Chylusgefässe, während die Lymphgefässe fast leer erscheinen; ausser den Verdauungsperioden dagegen ist die Circulation in den Lymphgefässen sehr lebhaft und in den Chylusgefässen von untergeordneter Bedeutung. Es besteht sonach ein Antagonismus zwischen Chylus- und Lymphgefässen. Etwas ähnliches bemerkt man in den ersten Perioden des Darbezustandes Hungernder; es gehen beträchtliche Mengen einer an Fibrin und Farbestoffen reichen Lymphe durch den Ductus thoracicus. Später lässt dies nach; die Lymphe wird farbeloser und weniger gerinnungsfähig. Bei Kranken, die man einer Hungerkur aussetzt, verschwinden manche pathische Produkte zuerst; die schwierigen Ränder alter Geschwüre legen sich, rothe Ausschläge werden blass und eiternde Geschwüre trocknen. Die Therapie kann daher für Rückbildung von Afterproduktionen aus Herabsetzung der Nahrungszufuhr guten Nutzen ziehen, obschon man vorsichtig dabei verfahren muss, indem bei Armuth an Blutkörperchen und bedeutenden Eiterherden eine strenge Entziehungskur mehr schadet als Vortheil bringt.

Die Respirationsbewegungen werden nach Massgabe der Dauer des Darbezustandes langsamer; gegen das Ende beschleunigen sie sich zwar wieder, aber die Menge der ausgehauchten Kohlensäure fährt fort sich zu mindern. Im gleichen Verhältniss mindert sich auch die thierische Wärme. Chossat hat bei Thieren gefunden, dass sie durchschnittlich auf den Tag $0,4^{\circ}$ R. beträgt. Am Tag des Todes greift die Abkühlung plötzlich beträchtlicher um sich, und das Thier stirbt in der Regel wie beim Erfrieren, wenn seine Wärme um $10-12^{\circ}$ gefallen ist (cfr. S. 116). Natürlich ist auch die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte vermindert; wo letztere beim gut genährten Menschen eine Herabsetzung um vielleicht einen Grad ausmacht, kann beim Hungernden die Differenz sich bis auf drei heben. — Auch der Herzschlag wird schwächer, der Puls fadenförmig und kaum mehr fühl-

bar; auch entwickeln sich in den grösseren Arterien die dem auscultirenden Ohr erkennbaren Geräusche, welche die Blutarmuth bekunden.

Menschen, die lange gehungert haben, müssen bei Wiederaufnahme von Nährstoffen sehr vorsichtig behandelt werden. Die Rückkehr zur normalen Kost darf nur allmählig geschehen. Die Nahrungskanäle haben sich in Folge des Schwunds verkleinert, und für die Verdauung sind die Digestionssäfte nöthig, zu deren Bereitung das Blut gewisse Zusammensetzungsbedingungen besitzen muss, welche durch den Darbezustand verloren gegangen sind.

Die (qualitativ oder quantitativ) nicht ausreichende Ernährung pflegt bloss in seltenen Fällen den markirten Verlauf zu nehmen, den wir S. 12 verzeichnet haben. Im gewöhnlichen Leben, in welchem sie in der Regel das Ergebniss der Armuth, der Unwissenheit, oder des Geizes ist, begegnet man ihr gemeinlich in wechselnden Schwankungen, bald ausreichend, bald nicht, und die Wirkung davon ist ein gewisser Schwächezustand, welcher das Individuum dem Ansprechen auf krankmachende Ursachen, namentlich dem Ergriffenwerden von epidemischen und contagiösen Krankheiten ganz besonders preisgibt, abgesehen davon, dass die Arbeitskräfte darbender Personen nicht weit reichen. Kinder verkommen in ihrem Wuchs und zeigen ein blasses, schwächliches Aussehen, nach Umständen auch dicken Bauch und gedunsenes Gesicht bei schlaffer Muskulatur und abgemagerten Extremitäten. Messance hat statistisch nachgewiesen, dass während der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in Frankreich und England die Sterblichkeit im Verhältniss des Waizenpreises stieg oder fiel, und Mêlier, der die Studien seines Vorgängers bis 1838 fortsetzte, kam zu einem ähnlichen Resultate, obschon in unseren Tagen die Fortschritte der Kultur und die Einführung der Kartoffeln etwas modificirend wirken (Hungertyphus). Theure Jahrgänge üben übrigens ihren Einfluss nicht bloss auf die gegenwärtige Generation, sondern man bemerkt ihn auch noch zwanzig Jahre später an der conscriptionspflichtigen Jugend, desgleichen in der Zahl der Geburten. — Caspar hat die Einwirkung des Wohlstands und der Armuth auf die mittlere Lebensdauer in Ziffern auszudrücken gesucht und rechnet, dass von tausend Bemittelten 911 das Alter von 50 Jahren erreichen, während von eben so vielen Armen nur 584 es so hoch bringen. Allerdings wirken zu diesem Resultat ausser der Nahrung auch noch andere Ursachen, schlechte Kleidung, schlechte Luft in überfüllten Wohnungen mit.

Zweites Buch.

DIE FUNCTIONEN DER BE- ZIEHUNG.

Erstes Kapitel.

B e w e g u n g.

Die Bewegung wird im Körper durch Elemente vermittelt, die entweder einfache Zellen oder aus Zellen hervorgegangene Gebilde sind. Wir sprechen hier nicht von den noch zu wenig erforschten Molecularbewegungen, welche in dem Inhalt vieler Zellen vor sich gehen, obschon sie vielleicht geeignet wären, werthvolle Streiflichter auf die mechanischen Vorgänge des Stoffwechsels und auf die Thätigkeit des Nervensystems zu werfen, sondern von denen, welche entweder die eigene Locomotion zur Folge haben, oder als Locomotoren für andere Gebilde wirken. Hiebei fällt uns zunächst ein Apparat auf, welcher bei manchen der niedrigsten Thierformen als einziges Bewegungsorgan dient.

Die Flimmerzellen.

Diese Zellen bilden in hautartiger Ausbreitung die oberste Lage geschichteter Epithelialmembranen und bestehen aus kegelförmigen Zellen, deren breite nach aussen gekehrte Basis mit microscopischen Flimmerhärchen besetzt sind (Fig. 23). Man findet sie beim Menschen und den Säugethieren auf dem Epithel des Thränensacks, des Thränenkanals, der Nasenhöhlen, der eustachischen Röhre, der oberen Portion des Schlundes, der oberen Fläche des Gaumensegels,



im Kehlkopf, in den Bronchien, in den inneren Theilen des Uterus, den Muttertrompeten, den Gehirnventrikeln, den Ursprüngen der Harnkanäle, stellenweise in den Samenkanälchen des Nebenhoden und vorübergehend auf der Oberfläche des Eis in den ersten Entwicklungsphasen. — Man mag sich die Entstehung dieser Härchen (Cilien) in folgender Weise denken. Man hat in der neueren Zeit den verdickten Saum, welcher an der freien Fläche des Dünndarms u. s. w. vorkommt, einer genauen Prüfung unterworfen und unter Anwendung des Immersionssystems der microscopischen Technik gefunden, dass er von feinen, senkrechten Linien durchsetzt wird, in welchen die meisten Forscher der Gegenwart den optischen Ausdruck feiner, den Saum durchsetzender Gänge, sogenannter Porenkanäle erkennen. Wenn nun diese Kanalisierung weiter greift und die Hohlräume der Kanälchen schliesslich unter einander verschmelzen, so zerfällt der Saum in lappige Bildungen (Fig. 24), die unter geringerer Vergrösserung als Härchen ansprechen.

Fig. 24.



Die Cilien sind hyaline kleine Anhänge der Zellen, sechs bis zwölf, die auf Schleimhäuten, welche man lebenden Thieren entnimmt, leicht beobachtet werden können, aber durch Fäulniss so schnell zu Grund gehen, dass man sie in den Lungen

des Menschen z. B. nur zu Gesicht bekommt, wenn man die Untersuchung an Hingerichteten kurz nach der Execution vornimmt; doch kann man sich noch thätige Cilien auch von Lebenden verschaffen, wenn man mit einer kurzabgeschnittenen Federfabne in den oberen Theilen der Nase herumbohrt und den abgeriebenen Schleim auf das Objektgläschen bringt. Noch leichter verschafft man sich Flimmerzellen, wenn man das wässerige Secret auffängt, das in der Anfangsperiode acuter Nasencatarrhe abfließt; doch macht die kurze Dauer der Thätigkeitserscheinungen die Verwendung frisch abgelöster Schleimhautstückchen von Thieren, bei denen die vibratile Action noch lange nachhält und die Cilien selbst grösser sind (Gaumenschleimhaut des Frosches, Kiemen der Flussmuschel) passender. Das Wimperspiel erhält sich am längsten, wenn man die Zellen in einer Flüssigkeit beobachtet, welche die Zellensubstanz nicht chemisch afficirt. Am besten eignet sich hiezu Blutserum, Milch, selbst der Harn; reines Wasser erhöht für kurze Zeit die Lebhaftigkeit des Flimmerns, um ihm desto schneller ein Ende zu machen. Aehnlich wirken sehr verdünnte Lösungen von manchen Salzen. Virchow hat bemerkt, dass die eben zum Stillstand gekommene Flimmerbewegung durch verdünnte Kali- oder Natrumlösungen nochmal für kurze Zeit in Thätigkeit gerufen werden kann.

Um Beobachtungen anzustellen, bringt man ein Stückchen Schleimhaut, in einer Weise gefaltet, dass die zellentragende Fläche den freien Rand der Falte bildet, unter Zusatz von Serum mit Blutscheibchen, Kohlenpartikelchen oder gepulvertem Karmin auf den

Objektträger und bedeckt denselben zu Vermeidung des Drucks mit einem Glimmerblättchen. Untersucht man zunächst mit einer schwächeren Vergrößerung, so erkennt man am Rand der Falte die bezeichnend als Flimmern benannte Bewegung. Schon jetzt wird man in raschem Strom die farbigen Körnchen vorbeitreiben sehen, und zwar in einer bestimmten Richtung. Zeigt die Falte Erhöhungen und Vertiefungen, so sieht man, wie einzelne dieser Körnchen antreiben und plötzlich wieder zurückgeworfen werden, so dass die älteren Beobachter wohl an electrische Anziehung und Abstossung denken konnten. Erst wenn das Phänomen zu erlahmen beginnt und bei einer etwas gesteigerten Vergrößerung tritt das Bewegungsspiel schärfer und kenntlicher hervor. Das geordnete und gleichzeitige Schwingen der Cilien erscheint jetzt wie ein wallender Saum, wie das Flackern einer Kerze oder das Rieseln eines von der Sonne beschienenen klaren Bächleins. Verfolgen wir unter höheren Vergrößerungen das Wimperspiel weiter, so kömmt der Moment, in welchem man die einzelnen Härchen deutlich schwingend erkennt, doch einstweilen nur die eine Richtung der Excursion wahrnimmt. Schon jetzt treiben die Pigmentkörner langsam vorüber, und man bemerkt, wie ein Körnchen in ein Thal hinabgetrieben wird und dann durch den microscopischen Wasserstrudel die oben-angeführte Zurückwerfung erleidet. Bei noch weiter fortgesetzter Beobachtung nimmt die Zahl der Einzelschwingungen allmählig ab; wir sehen jetzt beiderlei Excursionen des Flimmerhärchens, und bald kömmt ein Moment, in welchem die Pigmentkörnchen uns eine unregelmässig wogende Bewegung vor dem Flimmersaum zeigen. Endlich erscheint der Stillstand. Ueber eine Strecke stehen alle Cilien starr und bewegungslos; in der Nachbarschaft kann es für eine kurze Zeit noch flimmern, bis endlich auch hier die Ruhe eintritt. Ist das abgelöste Schleimhautstückchen nicht allzu gross gewesen, so bemerkt man, dass es durch die vereinte Thätigkeit seiner zahllosen Cilien von der Stelle verrückt wurde (Frey). Die Art und Weise, wie die Flimmercilie schwingt, ist nicht immer die gleiche. Purkinje und Valentin unterscheiden vier Varietäten des Flimmerspiels, die hakenförmige, trichterartige, spindelartige und wellenförmige; die erstere Form gilt als die häufigste und lässt sich mit der Erhebung und Beugung eines Fingers vergleichen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der farbige Staub auf einer Flimmerschleimhaut fortbewegt wird, berechnet sich zu $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ Linie in der Secunde. Wie man an den Kiemen der Muscheln wahrnimmt, ist die Bewegungsrichtung nicht immer die gleiche, sondern kann nach einiger Zeit in die entgegengesetzte umschlagen; doch scheint sie in dem Respirations- und Genitalienapparat der höhern Thiere stetig den Ausgängen sich zuzuwenden. Zur Erklärung der Fortbewegung muss man annehmen, dass die Schwingung in einer Richtung geschwinder erfolgt, als in einer anderen, so dass ein Schleudern erfolgt, da sonst die beweglichen Theilchen nach jeder Hin- und Herschwingung die alte Stelle wieder einnehmen würden.

Die Flimmerbewegung besteht unabhängig vom Einfluss des Nervensystems, denn sie macht noch eine oder zwei Stunden fort, nachdem die Zellen vom Körper und selbst von ihren Nachbarzellen abgelöst sind; auch gehen keine Nervenfasern zu dem Epithel. Die Ursache der Erscheinung ist noch unaufgeklärt. In den Respirationsorganen der höheren Thiere hat sie wahrscheinlich die Aufgabe, den Schleim und die übrigen auf die Schleimhaut abgelagerten Substanzen langsam nach aussen zu schaffen. In den fallopischen Röhren mag sie dazu beitragen, das Ei nach dem Uterus zu leiten. Was die Cilien in den Gehirnhöhlen zu schaffen haben, wo sie nur durch eine einfache Schichte von Cylinderepithel, keineswegs aber durch eine Schleimhaut gestützt sind, ist noch nicht aufgeklärt.

Die Samenfäden,

unpassender Weise auch Samenthierchen (Spermatozoen) genannt (Fig. 25 in 700fältiger Vergrößerung), sind Gebilde, die nicht nur in den Thieren, sondern

Fig. 25.



auch in den kryptogamischen Gewächsen vorkommen, aber in verschiedenen Formen auftreten. Beim Menschen bestehen die reifen Samenfasern aus einem vorderen abgeplatteten Theil, dem Köpfchen (in unserer Figur gibt das vorderste Fädchen eine seitliche Ansicht) und einem langen sehr feinen fadenförmigen Anhang. Die merkwürdigen Bewegungen, welche diese Gebilde im entleerten lebendigen Samen zeigen, haben von jeher

das Interesse der Beobachter erweckt, und in der That bildet das Gewirre, das wilde Umhertreiben dieser Samenelemente ein merkwürdiges Schauspiel. Man sieht, wie das einzelne Körperchen mit seinem Fadenanhang wellige und peitschenförmige Bewegungen macht und hiedurch von der Stelle geschoben wird; eine selbstständige, auf ein bestimmtes Ziel gerichtete Ortsbewegung aber, wie man sie an manchen mit geiselförmigen Anhängen versehenen Protozoen bemerkt (daher die frühere Vermuthung ihrer thierischen Natur und die darauf gebauten Speculationen) liegt nicht vor. Verfolgt man die Erscheinung längere Zeit hindurch, so sieht man, wie nach Art der verwandten Flimmerbewegung die Energie der Fadenbewegung allmählig abnimmt und die Ortsveränderung aufhört; an dem unbewegten Kopf machen die Schwänze immer schwächere Krümmungen, bis endlich alles zur Ruhe gelangt. Als Zusätze für die Beobachtung benützt man indifferente Flüssigkeiten, Blutserum, Lymphe, Hühnereiweiss, Zuckerlösungen. Reines Wasser steigert nur für kurze Zeit die Energie der Bewegung; sie hört dann um so rascher auf, wobei sich das Fadenende schleifenförmig umbiegt. Was chemisch einwirkt, zerstört die Bewegung, welche im normalen Verhalten $\frac{1}{8}$ Linie auf die Secunde beträgt. Die Re-

samkeit der Samenfäden kann nach dem Tod wahrscheinlich eben so lang nachhalten, als die Flimmerbewegung, ja sogar noch länger. Valentin sah sie nach 84 Stunden beim Menschen, und nach 5—6 Tagen an Fröschen; sie bewahren ihre Beweglichkeit längere Zeit, wenn sie in den Hoden oder in den weiblichen Geschlechtsorganen eingeschlossen bleiben. — Die resistente Substanz der Samenfäden lässt zu, dass man sie auch aus eingetrockneten Samenflecken, die man mit Wasser aufweicht, zur Anschauung bringen kann (gerichtsärztliches Test bei Vergehen gegen die Sittlichkeit).

Die Samenfäden entstehen in den Zellen der Hodenkanälchen, und man hat ihre primitive Erzeugung bei Thieren unmittelbar verfolgt. In der Zelle erscheinen zuerst runde, körnige Gebilde oder Samenkörner, die sich später vergrössern und zu Mutterzellen werden, indem sich körnige Kugelhaufen oder Tochterzellen in ihrem Innern erzeugen. Diese Inhaltsmassen bilden das Material, aus dem die Samenfäden hervorgehen; jeder derselben ist meist anfangs schraubenförmig aufgerollt und wird später frei. Man findet häufig, dass eine grössere Anzahl solcher Fäden mit den Köpfen

Fig. 26.



aneinander liegt und mit den Schwänzen eine Quaste bildet (Fig. 26). Diese Bündel schwimmen frei in der unreifen Samenflüssigkeit oder sind noch in den Mutterzellen eingeschlossen; einzelne von ihnen tragen bisweilen eine kleinere, breitere Masse, die wahrscheinlich einem Ueberrest ihres Bildungsmaterials entspricht. — Im reifen Samen kommen nur isolirte Samenfäden vor; die verklebten oder in Hüllen eingeschlossenen, wie auch die jüngeren Entwicklungs-

stufen sind in den Hodenkanälchen aufzusuchen. Im Urin samenfüssiger Personen findet man gelegentlich auch solche unreife Gebilde; in den Pollutionen dagegen hat man sie noch nicht wahrgenommen.

Ueber die physiologische Bedeutung der Samenkörperchen haben wir in einem späteren Abschnitt zu sprechen.

Die glatten Muskelfasern,

auch einfache oder platte, von andern auch organische oder die Muskeln des vegetativen Lebens genannt,

Fig. 27.



sind gelbliche kernhaltige Faserzellen von kaum 0,01 bis 0,02 Linien Länge und 0,001 bis 0,002 Linien Dicke, welche sich nicht bündelförmig, sondern parallel oder spiralig aneinander liegend gruppieren. Die Einwirkung von Essigsäure lässt ihre Kerne deutlich hervortreten (Fig. 27). Die Zellen vermögen sich bei Einwirkung von Reizen zu verkürzen. Durch eine zellstoffige Grundsubstanz mit einander

verbunden, umgeben sie fast alle Höhlen und Kanäle und können um ihrer Kürze willen nur durch ihre

vereinte Thätigkeit eine Verengerung der gedachten Hohlräume bewirken. Hierin liegt wohl hauptsächlich der Grund, warum im Gegensatz von der Action der gestreiften Muskeln die Contractionen der mit glattem Muskelgewebe versehenen Organe nur langsam vor sich gehen; es entswindet nämlich nach der Reizung einige Zeit, ehe die Verkürzung beginnt, dann tritt eine ganz langsame Zusammenziehung ein, die eine Weile auf ihrem Höhenpunkt verharret und allmählig wieder nachlässt.

Man findet die glatten Muskelfasern nicht bloss um Hohlorgane her, sondern auch in die Milz, in die Brustwarze und in die Haut eingebettet, in welcher letzterer ihre Contraction die sogenannte Gänsehaut bewirkt. Zwischen glatten und gestreiften Muskeln entsteht keine scharfe Scheidelinie, denn am Eingang gehen die gestreiften Bündel bis in die Speiseröhre und weichen nur allmählig den glatten Fasern, während im Mastdarm von oben nach unten die glatte Faserung in die gestreifte übergeht.

Das glatte Fasergewebe steht zwar unter dem Einfluss des Nervensystems, aber nicht unter dem des Willens. Im übrigen kommen, so weit die Sache untersucht ist, seine functionellen Eigenschaften wie seine Zusammensetzungsverhältnisse so ziemlich mit denen der gestreiften Fasern überein, mit welchen es namentlich auch die Erscheinung der Todtenstarre gemein hat. In Betreff des Baus erkennt man auf den Grund der microscopischen Untersuchung im polarisirten Licht, dass auch in der glatten Faser doppeltbrechende Körperchen (Disdiaclasten) vorhanden sind, hier aber nicht die regelmässige Anordnung besitzen, welche sie in der gestreiften Muskelfaser zeigen, sondern in der ganzen Masse zerstreut auftreten, so dass die Gesammtheit der glatten Faser doppeltbrechend erscheint.

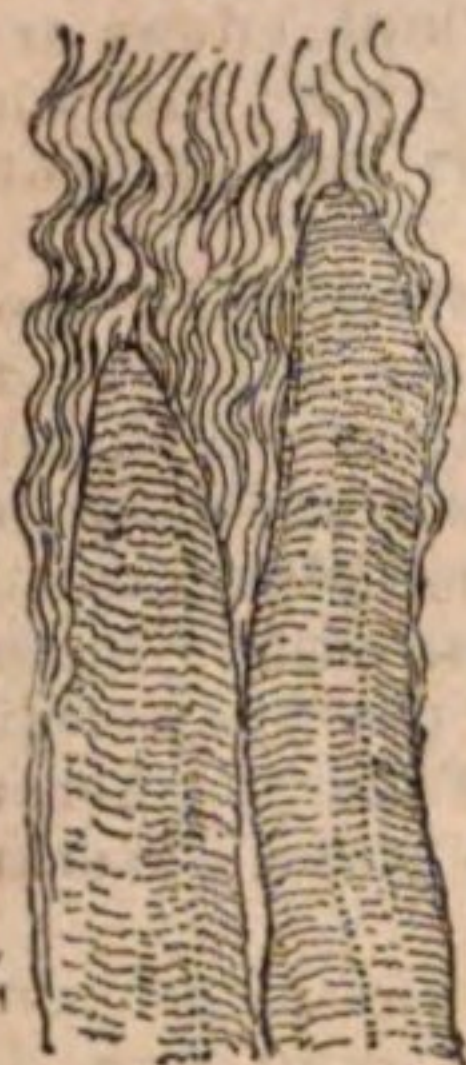
Die quergestreiften Muskel,

auch animalische genannt, sind im Körper überall angebracht, wo energische, auf Reize rasch ansprechende Bewegungen vorkommen. Grossentheils stehen sie unter dem Einfluss des Willens, wesshalb sie auch willkürliche heissen; indess dienen sie doch vielfältig den vom Willen nicht abhängigen reflektirten Thätigkeiten (z. B. bei den Respirationsbewegungen, einzelnen Tempi des Schlingacts u. s. w.) während die gestreiften Fasern des Herzens, die sich auch in anderer Hinsicht von den gewöhnlichen unterscheiden und namentlich eine grössere Feinheit besitzen, unter den gewöhnlichen Verhältnissen dem Einfluss des Willens ganz und gar entrückt sind.

Die animalischen Muskel bilden länglichrunde Stränge oder platte Ausbreitungen von rothbrauner Farbe, die eine grobe Längsfaserung zeigen, und sind an den zu bewegenden Theilen entweder direct oder durch Vermittlung längsgefaserter Bindegewebsmassen (Sehnen) angeheftet. Ihre Umhüllung besteht aus Bindegewebshäuten (Fascien, Perimysium), von denen die unmittelbar anliegende feinere (das Peri-

mysium) auch ins Innere dringt und den Muskel in zahlreiche, längsverlaufende Fächer abtheilt. Man kann die Muskel leicht in immer feinere Faserbündel zerlegen, bis man zuletzt bei dem sogenannten Pri-

Fig. 28.



mitivbündel anlangt (Fig. 28), der eigentlich kein Bündel mehr, sondern eine mit der Muskelsubstanz angefüllte Röhre von $\frac{1}{32}$ bis $\frac{1}{140}$ Linie Breite ist. Die Wand dieses Rohrs besteht aus einer sehr elastischen, vollkommen geschlossenen Membran, dem Sarcolemm, dessen innerer Fläche spindel- oder linsenförmige Kerne oft in grosser Menge aufsitzen. Der Inhalt wird durch eine Anzahl kleiner Partikelchen (nach Bowman *sarcous elements*, Fleischelemente genannt) gebildet. Sie sind untereinander durch eine hellere bindende Substanz vereinigt, und zwar so, dass sie in der Regel fester der Länge als der

Quere nach aneinander haften und beim weiteren Zerfallen in Längsreihen geordnete feine Stränge, die sogenannten Fibrillen darstellen, welche man schon durch Aufweichung in der Mundflüssigkeit zur Anschauung bringen kann. Den wirklichen Zerfall der Muskelfaser in Fibrillen kann man durch Maceration in kaltem Wasser, durch Kochen, durch Einlegen in absoluten Alkohol, in verdünnte Lösungen von Sublimat, Chromsäure oder chromsaures Kali herbeiführen; wenn letzteres etwa einen Tag eingewirkt hat, so zerfasert das Primitivbündel wie ein Strick in lange gebogene Fäden, in denen man unter dem Microscop mit starkem Immersionssystem abwechselnd hellere und dunklere Zonen (die Fleischelemente und das Längsbindemittel) wahrnimmt. — Bei der Anwendung von sehr verdünnten Säuren wird das Längsbindemittel mehr oder weniger angegriffen, während das quere verschont bleibt oder erst im Verlauf nothleidet; man sieht dann keine Spaltung in Fibrillen entstehen, sondern die Längslinien verschwinden, während in der aufquellenden Faser die Querlinienbildung deutlicher hervortritt und nach einigen Stunden das Primitivbündel sich zu deutlichen Querscheibchen aufblättert. Die Fleischelemente sind sonach durch zweierlei Cemente, die sich vielleicht um der verschiedenen Elektricitätszustände willen verschieden gegen die Reagentien verhalten, unter einander verbunden. Brücke hat im polarisirten Licht des Microscops gezeigt, dass die Fleischelemente eine doppelte Brechung zeigen, und sie daher Disdiaclasten genannt; die Substanz dagegen, welche dieselben in die Quere durchlagert und sonach zur Fibrille verkittet, in der regelmässigen Alternation mit den Disdiaclasten aber dem Primitivbündel den optischen Ausdruck der Querstreifung verleiht, verhält sich nur einfach brechend (isotrop). — Andere Forscher (z. B. Henle) wollen in der Querstreifung die Lichter und Schatten eines wellenförmigen Verlaufs oder einer fächerförmigen Kni-

ckung der Faser erkennen. Jedenfalls gehören die Querstreifen nicht, wie E. Weber will, dem Sarcolemm an, da die entleerte Röhre nichts davon zeigt; ebenso wenig entstehen sie erst im Tod, wie man unter dem Microscop an der Zunge eines lebenden Frosches sieht. Dagegen fehlen die Streifen an gelähmten Muskeln und an den Muskeln von Individuen, die durch chronische Krankheiten erschöpft und in langer Unthätigkeit erhalten wurden. Kühne hält den Inhalt des Primitivbündels für flüssig, Henle für fest weich.

Die meisten Primitivbündel verlaufen durch die ganze Länge des Muskels und setzen sich direct an die Sehne oder den Knochen an; andere dagegen enden zugespitzt im Innern des Muskels und haben gewissermassen in dem interstitiellen Bindegewebe ihre Sehnenverbindung. Das Primitivbündel ist von einem Capillarnetz umspinnen. Die Nervenröhren treten vom Rand her in das Muskelrohr ein; ihr Nevrilemm geht in das Sarcolemm über, und das Mark schwindet meist in der Nähe der Uebergangsstelle, während der Achsencylinder in den Inhalt des Primitivbündels eindringt und sich hier nach beiden Seiten hin verzweigt; die Zweigchen tragen theils seitenständige, theils endständige, spindelförmige Körperchen, sogenannte Nervenendknospen, deren Zusammenhang mit dem Muskelinhalt noch räthselhaft ist (Kühne). Andere Forscher bestreiten den Eintritt der Nervenfaser in das Muskelrohr.

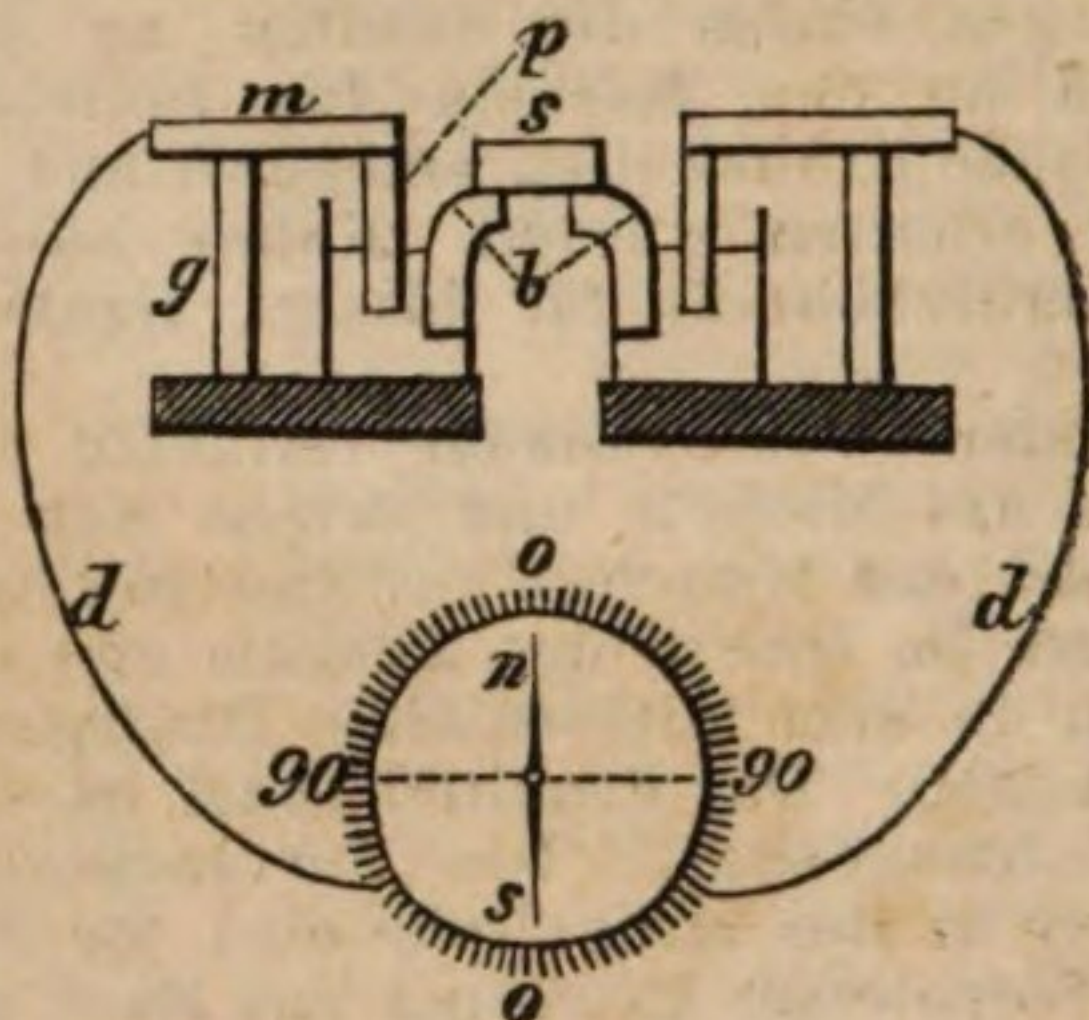
Der Inhalt der Muskelfasern gliedert sich chemisch in folgender Weise: 1) Eiweiss in geringer Menge, neben einer spontan gerinnbaren Eiweisssubstanz, von welcher wahrscheinlich das Syntonin oder Muskelfibrin eine veränderte Form darstellt. 2) Glieder der Eiweissoxydationsreihe — Inosinsäure, Kreatin, Kreatinin, Hypoxanthin und spärlich Harnsäure; Harnstoff nur in Krankheiten. 3) Kohlenhydrate — Inosin, Zucker, Milchsäure. 4) Fette und flüchtige Fettsäure. 5) Rother Farbestoff. 6) Gase — Sauerstoff und Kohlensäure. 7) Blutsalze. 8) Wasser. — Die Reaction der ruhenden Muskelflüssigkeit ist neutral, im contrahirten Muskel aber und bald nach dem Tode sauer.

Electrische Erscheinungen am Muskelgewebe.

Während des Lebens und zwar hauptsächlich während der Unthätigkeit der Muskel (die Versuche beziehen sich vornämlich auf die gestreiften Muskel) geht beständig ein galvanischer Strom (der sogenannte Muskelstrom) zwischen dem Innern und der Oberfläche eines Muskels vor sich. Um sie wahrzunehmen, bedarf es jedoch physikalischer Hilfsmittel, in Betreff deren wir auf die Lehrbücher der Physik verweisen müssen, wesshalb wir uns hierorts begnügen, nach Vierordt die schematische Darstellung eines Multiplicators zu geben, wie er vornämlich für physiologische Versuche zur Anwendung kömmt. Fig. 29 zeigt die geschlossene Kette des Multiplicators. Jedes Ende des Galvanometerdrahts d steht vermittelst eines metallischen Zwischenträgers m, der durch den Gl

stab *g* gehörig isolirt ist, mit einer amalgamirten Zinkplatte *p* in Verbindung. Jede dieser Platten

Fig. 29.

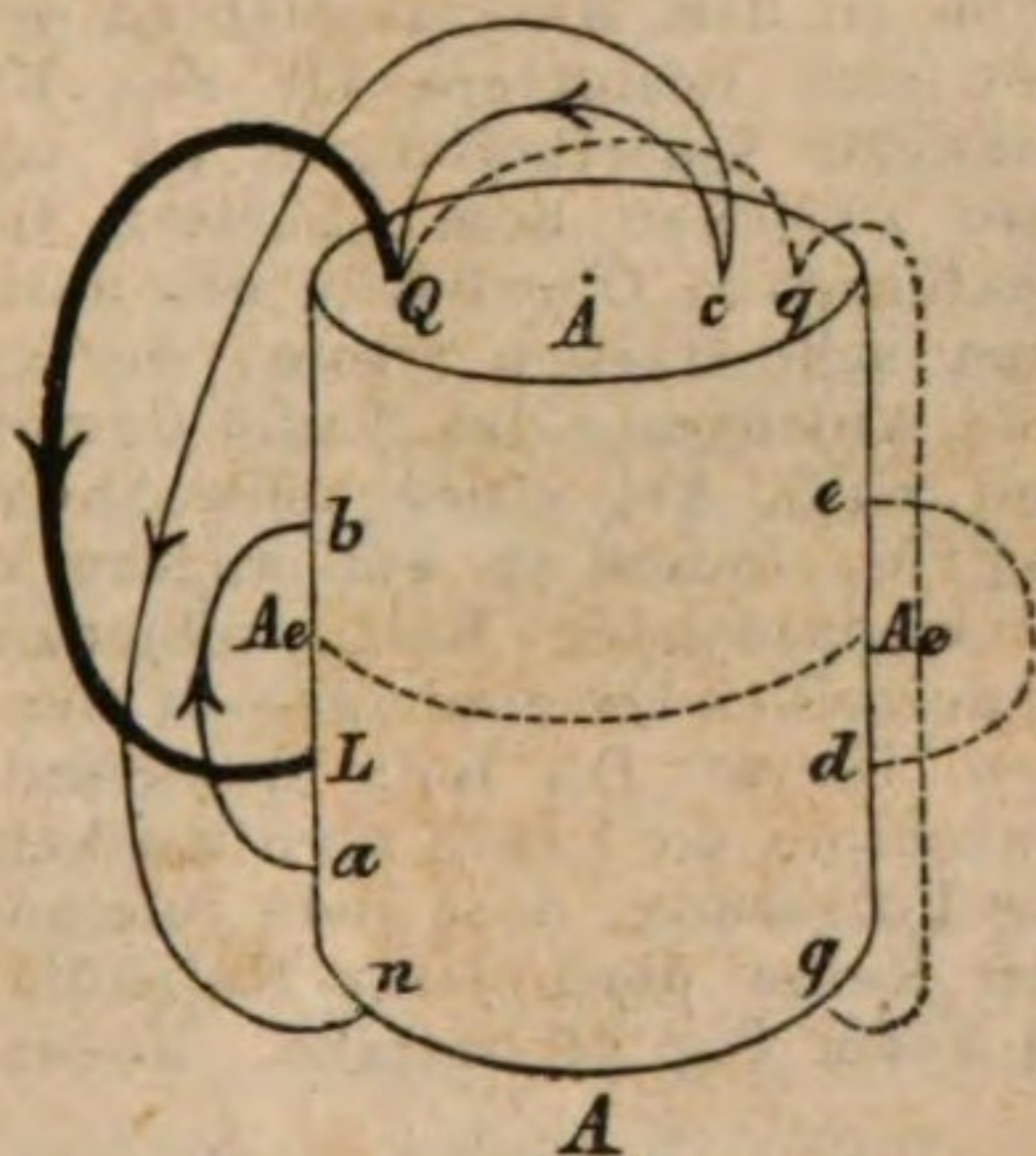


taucht in ein Gefäss („Zuleitungsgefäss“), das eine Zinkvitriollösung enthält. Ein Bausch *b* von Filtrirpapier, der mit der Lösung imbibirt ist, ragt über den Rand des betreffenden Gefässes hervor. Beide Bäusche werden durch einen ebenfalls feuchten Schliessungsbausch mit einander verbunden. Bei so geschlossenem Galvanometerkreis steht die Magnetnadel *n s* in ihrer Gleichgewichtslage, auf 0. Bringt man nun an die Stelle des Schliessungsbaushes einen Elektromotor, z. B. einen Muskel, so weicht die Nadel ab und gibt zugleich, je nachdem die Abweichung in den rechten oder linken Quadranten erfolgt, die Stromrichtung in dem zwischen den Bäuschen befindlichen Muskel an.

Wenn wir nun aus einem frischen Muskel seinem Faserzug nach ein cylindrisches Stück herausschneiden und denselben oben und unten durch einen Querschnitt gleichmässig abstutzen, so haben wir ein Präparat, an welchem sich mittelst des vorbeschriebenen Multiplikators verschiedene elektrische Verhältnisse erheben lassen. 1) Erhält man starke Abweichungen der Nadel, wenn man mit dem einen Filtrirpapierbausch des Galvanometers den Querschnitt oder einen Punkt desselben, mit dem anderen den Längsschnitt des Präparats (oder die natürliche Oberfläche des Muskels) respective einen Punkt desselben in Verbindung bringt. Der Strom geht in dem Multiplikator von dem Längsschnitt nach dem Querschnitt, in der Muskelsubstanz selbst aber vom Querschnitt nach dem Längsschnitt hin, so dass jede Stelle des letzteren einer jeden Stelle des ersteren gegenüber $+$ elektrisch erscheint. Wird die Strömung bloss durch einzelne Punkte vermittelt, so ist sie am stärksten zwischen einem Punkt der Aequatorialzone des Längsschnitts (die Aequatorialzone als die Gränze einer Ebene gedacht, welche das Präparat durch eine den Querschnitten parallele Theilung in eine obere und untere Hälfte zerfällt *Ae Ae*) und dem Achsenpunkt des

Querschnitts A, und nimmt ab in dem Verhältniss, in welchem der Punkt im Querschnitt nach der Peri-

Fig. 30.



pherie hin, oder der Punkt des Längsschnitts vom Aequator wegrückt. Die Strömung hat jedoch immer noch eine ansehnliche Intensität, wesshalb wir ihn von einem der Peripherie nachgerückten Punkt des Querschnitts (Q) zu einem vom Aequator entfernten des Längsschnitts (L) mit einer starken Linie bezeichnet haben.

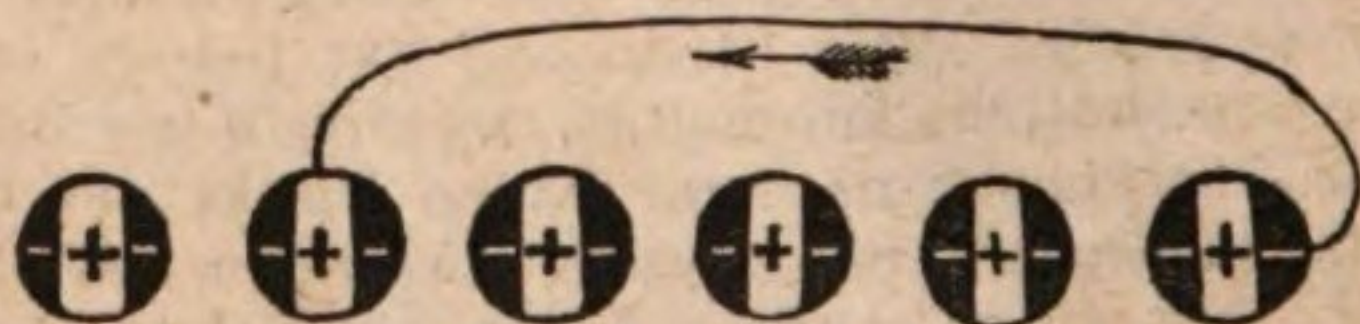
2) Schwächere Nadelablenkungen finden statt, wenn man ungleichnamige Punkte des Querschnitts oder des Längsschnitts, das heisst solche, welche ungleich weit von der Aequatorialzone des Längsschnitts (A e A e) oder von dem Achsenpunkt A des Querschnitts abstehen mit den Bäuschen in Verbindung bringt. Die Stromrichtung geht sodann, wo der Versuch den Querschnitt betrifft, von der centraleren Stelle nach der mehr der Peripherie zu gelegenen (c Q), von denen letztere als $+$ erscheint, im Falle des Längsschnittes aber von der Stelle, die am weitesten von der Aequatorialzone absteht (a), zu dem dieser Zone näher gelegenen Punkt (b), welcher sich somit gegen den ersteren als $+$ elektrisch verhält. Das gleiche Verhältniss findet statt, wenn ein centralerer Theil des einen Querschnitts mit einem peripherischen des andern (c n) in Verbindung gebracht wird. Die Stromstärke steigt unter den Bedingungen dieser Ziffer im Verhältniss der Abstandsdifferenzen von der Achse oder dem Aequator, erreicht aber nie die, welche zwischen Längs- und Querschnitt besteht (darum in unserer Figur durch schwächere Linien angedeutet).

3) Die Ablenkungen der Nadel bleiben aus, wenn man zwei gleichnamige Punkte des Längsschnitts d e oder zwei gleichnamige Punkte des Querschnitts Q q, respektive beider Querschnitte (q q) mit den Bäuschen in Verbindung bringt (in der Fig. durch punctirte Linien bezeichnet).

In der Nutzanwendung dieser Gesetze auf den unversehrten Muskel ergibt sich, dass die natürliche Oberfläche desselben dem Längsschnitt, die Sehne dem Querschnitt entspricht. Man bemerkt die erwähnten Erscheinungen noch am kleinsten Muskel-

partikel, eben so auch an der glatten Faserzelle des organischen Muskelgewebes, und Matteuci ist dadurch auf den sinnreichen Gedanken der Herstellung einer sogenannten Froschschenkelsäule gekommen. Er brachte nämlich in den Muskelschichten des Froschschenkels, der sich besonders für das Experiment eignet, absatzweise Quertheilungen an und erhielt auf diese Weise zwischen dem obersten Querschnitt (—) und der natürlichen Oberfläche des untersten Absatzes (+) einen sehr starken Strom, der nicht bloss eine bedeutende Ablenkung der Nadel bewirkte, sondern eigentlich nach Art einer schwachen galvanischen Säule agirte, indem er auf andere Muskel als Contraction veranlassender Reiz influenzirte. Die Wahrnehmung derselben Gesetze auch in den kleinsten Muskeltheilchen führte Du Bois Raymond, dessen Studien hauptsächlich die Lehre vom Muskelstrom aufklärten, zu der Folgerung, dass jede ruhende Muskelfaser aus einer Reihe peripolarer Moleküle von der schematischen Form Fig. 31 bestehe. Jedes Moleküle

Fig. 31.



besitzt eine positive Aequatorialzone (der natürlichen Muskeloberfläche entsprechend) und zwei negative Polzonen an den Stellen, wo die Moleküle sich berühren. Verbindet man nun die entgegengesetzten Electricitäten vermittelt eines metallischen Leiters, so erhält man in der Säule einen Strom von — zu +. Beim natürlichen Muskel (Oberfläche und Sehne) gewinnt man indess gelegentlich Resultate, welche mit obigen Gesetzen nicht harmoniren; es findet nämlich vielleicht kein starker Strom von Sehne zur Oberfläche statt, er bleibt gar aus oder schlägt wohl auch die entgegengesetzte Richtung ein. Da indess die Ströme von den Spannungen an den Anlegungsstellen und diese vorzugsweise von der Lage der am nächsten befindlichen elektromotorischen Moleküle abhängen, so mag man sich die scheinbare Anomalie aus der Annahme von etwas anders geordneten Molekülenreihen erklären, die man sich so zusammengesetzt denkt, dass jedes peripolare Moleküle aus zwei mit der + Seite einander zugekehrten bipolaren Molekülen bestehe, am natürlichen Ende jeder Reihe von solchen peripolar wirksamen Molekülenpaaren aber noch ein unpaariges dipolares Element liege, das

Fig. 32.



seinen positiven Pol dem freien Ende, wo die Sehnenfaser angeheftet ist, zukehrt (cfr. Fig. 32). Die un-

paarigen Moleküle bilden dann unter der Sehnen-
grenze eine Schichte von positiver Dignität, die so-
genannte *parelectronomische*, die von äusserst
vergänglicher Beschaffenheit ist, denn sie wird in der
Regel schon durch Berührung der Sehne mit festen
Körpern, sicher aber durch Eintauchung des Muskels
in irgend eine von Blut oder Lymphe verschiedene
Flüssigkeiten zerstört. Ist diess geschehen, so tritt
an der stromprüfenden Vorrichtung der gesetzmässige
Gegensatz zwischen Sehne und Längsschnitt hervor,
wie er beim künstlichen Querschnitt stetig erfolgt.

Wir finden die Dubois'sche Lehre vom Muskel-
strom in allen Lehrbüchern der Physiologie; indess
erhebt Budge auf den Grund von Untersuchungen, die
er am zweiköpfigen Wadenbeinmuskel des Frosches
angestellt hat, Einsprache gegen ihre durchgreifende
Giltigkeit. Budge fand nämlich in diesem Muskel
zwei verschiedene elektrische Strömungen vor, die von
Dubois präcisirte, welche er den künstlichen
Strom nennt, und eine andere von ihm als der natür-
liche Strom bezeichnet, welche von dem Schwanz-
ende des Muskels zu seinem Kopfende, von der Achil-
lessehne aus also nach oben geht. Danach fallen, je
nachdem man einen Querschnitt macht, die Strömungen
sehr verschieden aus. Macht man den Querschnitt am
Kopfende und legt denselben auf den einen Bausch,
die Oberfläche des Muskels etwa in der Nähe der
Achillessehne auf den andern, so geht der natür-
liche Strom (wohlgemerkt im Multiplicator, nicht in
der Muskelsubstanz, in welcher die entgegengesetzte
Richtung stattfindet) vom Kopfende nach unten, der
künstliche dagegen vom Längsschnitt zum Quer-
schnitt, das heisst, weil letzterer oben, der Längs-
schnitt unten am Muskel den Bäuschen aufliegt, von
unten nach oben. Es sind mithin hier zwei einander
entgegengesetzte Strömungen vorhanden, bei denen
es darauf ankommt, welcher der stärkere ist. Herrscht
der natürliche Strom vor, so wird der künstliche
überwunden, und es tritt dann der Fall ein, dass sich
der Hauptsatz des Dubois'schen Gesetzes geradezu
umkehrt; halten dagegen beide Ströme sich das
Gleichgewicht, so stellt sich die Nadel auf den Null-
punkt ein, während bei überwiegendem künstlichem
Strome das Dubois'sche Gesetz sich geltend macht,
jedoch in viel geringerer Intensität, als unter günsti-
geren Umständen der Fall sein müsste. Man bedarf so-
nach nicht der Hypothese von der *parelectronomischen*
Moleküle, um die oben erwähnte scheinbare Anomalie
zu erklären; wenn man einen frischen Querschnitt
macht oder den altgewordenen anfrischt, so kömmt
der künstliche Strom zum Vorschein, wird aber der
Querschnitt älter, so weicht die Nadel im entgegen-
gesetzten Sinn ab. — Legt man dagegen den Quer-
schnitt am Achillessehnenende an, so unterstützen sich
beide Ströme, indem der eine wie der andere im me-
tallischen Leiter von oben nach unten geht. Man
wird daher hier immer den Ausschlag stärker finden,
als in dem vorhergehenden Beispiel. — Die Erschei-
nungen werden besonders klar, wenn man den frag-

lichen Muskel in eine obere und untere Hälfte theilt. Die obere Hälfte zeigt den künstlichen und natürlichen Multiplicatorstrom in derselben Richtung (von oben nach unten und von natürlicher Oberfläche zur Schnittfläche), die untere Hälfte entgegengesetzte Strömungen; in beiden Fällen sind die Ausschläge stärker, als wenn man die Ströme von einer unter dem Aequator gelegenen Stelle der natürlichen Oberfläche zum schwanzständigen Querschnitt, oder von einer Stelle über der Aequatorlinie zu einem kopfständigen Querschnitt inducirt. Sonach brachte die Ausführung Dubois, der nur einen Strom gekannt hat, auf eine Unrichtigkeit, welche unser Gewährsmann auch auf die angebliche elektrische Ungleichheit ausdehnt, die von der Entfernung eines Punktes des Längsschnitts vom Aequator oder eines Punktes des Querschnitts von der Achse herrühren soll. Wenn man in gleicher Entfernung vom Aequator je einen Bausch an das obere und untere Ende des Gastrocnemius anlegt, so soll nach Dubois keine Nadelabweichung stattfinden; dies ist jedoch nicht der Fall, sondern sie erscheint im Gegentheil viel stärker, als wenn etwa oberhalb der Achillessehne die beiden Bäusche ziemlich nahe bei einander liegen, so dass doch sicher der eine Muskel-punkt weiter vom Aequator absteht, als der andere. — Desgleichen findet Budge die Ansicht, dass die Sehnen wie natürliche Querschnitte zu betrachten seien, als nicht haltbar. Die Achillessehne ist allerdings immer negativ gegen den Längsschnitt, aber nicht weil sie den Querschnitt repräsentirt, sondern weil sie dem untern Muskelschnitt angehört und ein Gegensatz zwischen dem oberen und unteren Muskelende besteht. Gebraucht man die obere Sehne, so bemerkt man niemals eine Stromesrichtung von der Muskeloberfläche zur oberen Sehne, sondern stets umgekehrt. Es ist kein künstlicher Querschnitt gemacht und deshalb der künstliche Strom nicht vorhanden. Ob Budes Wahrnehmungen am Gastrocnemius sich an allen anderen Muskeln bestätigen, steht noch weiter zu untersuchen.

Der Muskelstrom dauert auch nach Erlöschung der Muskelcontractilität noch fort. Im contrahirten Muskel hört sie nach Matteucci auf, oder es geht vielmehr (nach Dubois) eine Stromschwankung im negativen Sinne vor; dasselbe geschieht (nach Meissner), wenn man den Muskel in der Richtung seiner Längsachse zusammendrückt, während eine Dehnung des Muskels den positiven Ausschlag durch eine gleichnamige Oscillation verstärkt.

Man verspricht sich von dem elektrischen Verhalten gewisser Gewebe werthvolle Aufschlüsse über die Functionirung derselben, doch stehen wir zur Zeit noch ganz auf dem Boden der Hypothese. Wenn wir bedenken, dass die Ströme der dynamischen Elektrizität von chemischen Actionen abhängen, so ergibt sich für die besprochenen Erscheinungen ganz natürlich die Anschauung, dass sie durch die Processe der Ernährung oder Verbrennung bedingt werden, die in allen thierischen Geweben vor sich gehen, und es ist wahrscheinlich, dass die Ernährungsverbrennungen

in verschiedenen Geweben verschiedene Energie zeigen, auch in einem Organ auf der Oberfläche sich anders verhalten, als im Innern; doch ist keinesfalls erhoben, ob diese Verbrennungsprocesse das Produkt elektrisch geordneter Elemente (elektrolytische Erscheinungen) sind, oder ob man die elektrischen Ströme als die Begleitungsphänomene chemischer Actionen zu betrachten hat. In Beziehung auf das Nervengewebe hat Dubois gefunden, dass es denselben Gesetzen folgt, die er für den Muskelstrom aufgestellt hat, obschon die Beobachtung wegen der viel grösseren Schwäche der Nervenströmung einen feineren Multiplicator fordert. Bei dem Hautstrom findet eine Richtung statt, welche der bei Muskeln und Nerven beobachteten ganz entgegengesetzt ist, sofern er im Multiplicator vom Querschnitt nach dem Längsschnitt geht, während dagegen die Ströme zwischen zwei Längsschnitten oder zwei Querschnitten gleichfalls viel geringer ausfallen, als der Strom zwischen Längs- und Querschnitt. — Auch die Lungen, die Leber, die Nieren zeigen Spuren von galvanischer Strömung, wenn man durch einen sehr empfindlichen Multiplicator die natürliche Oberfläche dieser Organe mit einer Schnittfläche in Verbindung bringt.

Einige andere physikalische Eigenschaften des Muskelgewebs.

Cohäsion. Man versteht darunter den Widerstand, welchen eine Muskelfaser oder ein Muskel überhaupt den durch Zerrung eingeleiteten Trennungsversuchen entgegensetzt. Man hat ihr Mass durch Experimente an frischen menschlichen Leichen zu bestimmen gesucht, indem man einen bestimmten Muskel (den Sartorius z. B.) bis zum Reißen mit Gewichten belastete, und dabei gefunden, dass sie bis zum Vollkraftalter zu-, dann aber wieder abnimmt. Einige Tage nach dem Tod reisst der Muskel leichter, als sogleich nach dem Sterben; auch soll nach Busch in der Leichenstarre die Cohäsion zunehmen.

Dehnbarkeit. Durch Belastung mit Gewichten wird ein Muskelpräparat ausgedehnt; doch erfolgt diese Ausdehnung nicht im Verhältniss der Gewichtssteigerung, da die Dehnbarkeitsproportion, sobald ein gewisses Mass der Belastung überschritten ist, bei weiterer Gewichtszunahme wieder abnimmt. Ein Muskel von 25 Millimeter Länge wurde durch ein Gewicht von 1 Gramm um 5 Millimeter verlängert; 2 Gramme bewirkten im Ganzen nur eine Ausdehnung von 7,3 Millimetern. Eine Abnahme der Dehnbarkeit findet man auch beim durch Anstrengung ermüdeten Muskel und einige Zeit nach dem Tode (im Einklang mit der geminderten Cohäsion).

Elasticität. Der lebende Muskel ist ein Gebilde von geringer, aber sehr vollkommener Elasticität; das heisst, er hat bei seiner grossen Dehnbarkeit das Bestreben, nach dem Aufhören der dehnenden Kraft, obschon nicht mit schnellender Energie, wieder in seinen vorigen Zustand zurückzukehren. Aber auch

in der Ruhe zeigt der Muskel eine gewisse, wenn auch relativ schwache Spannung, denn bei einem Querschnitt weichen die getrennten Theile etwas auseinander. Diese Spannung des unthätigen Muskels ist nicht ohne Bedeutung für seine Function, sofern er, wenn sie nicht vorhanden wäre, bei dem Uebergang in Thätigkeit, erst einen gewissen Spannungsgrad erreichen müsste, ehe er im Stande wäre, einen Knochen zu bewegen. Die Elasticität des unthätigen Muskels wird in Anspruch genommen, wenn seine Antagonisten sich verkürzen, und verlieren ihre grössere Spannung, sobald die Thätigkeit des letzteren aufgehört hat. Hiebei kommt ihm die geringe Elasticität zu statten, da er sonst beim Zurücksinken in seine gewöhnliche Spannung eine schnellende Bewegung ausführen müsste. Bei der todten Muskelfaser ist die Elasticität viel bedeutender, aber dafür viel weniger vollkommen; sie wird nämlich unter dem Einfluss derselben Zugkraft um einen viel kleineren Bruchtheil ihrer Länge ausgedehnt, als die lebende, bleibt aber nach dem Aufhören des Zugs für immer, wenn auch nicht um den ganzen Betrag der Ausdehnung, verlängert.

Contractilität

nennt man eine Eigenschaft, welche bei den entwickelteren Thierbildungen nur der Muskelfaser (der gestreiften sowohl als der glatten) zukömmt; sie besteht in dem Vermögen der betreffenden Gewebe, sich unter gewissen Einflüssen zu verkürzen und sodann wieder in ihren natürlichen Zustand zurückzukehren. Sie ist wohl zu unterscheiden von der Elasticität, denn bei letzterer folgt die Verkürzung des passiv ausgedehnten Körpers einem rein physikalischen Gesetz, bei der Contractilität dagegen ist die Verkürzung ein vitaler Act der Muskelfaser, der auf mechanische, chemische oder vitale Reize eintritt, und die darauf folgende Verlängerung eine Rückkehr in den Zustand der Ruhe. Die Contractilität verleiht der Muskelsubstanz ihre eigentliche Bedeutung für das Thierleben, indem sie das Vehikel wird, um auf andere Gegenstände mechanisch einzuwirken, das heisst, positive mechanische Arbeit zu leisten.

Die nächste Bedingung für die Action der Contractilität ist die Integrität des Muskelgewebes in Beziehung auf Struktur, chemisches und elektrisches Verhalten, Cohäsion, Dehnbarkeit und Elasticität — Momente, welche bereits im vorigen zur Verhandlung gekommen sind. Der Nutzen der Dehnbarkeit und Elasticität ergibt sich vornämlich bei der Contraction desselben.

Der Zufluss von Blut ist von grossem Belang für die Erhaltung der Contractilität. Unterbindung der Hauptarterie eines Glieds bewirkt schon nach 8 — 10 Minuten (bei Fröschen erst nach Stunden) einen Lähmungszustand, der sogar mit Todenstarre verbunden sein kann. Nach dem Tode eines Thiers, dem während des Lebens die Hauptarterie eines Glieds geraume Zeit unterbunden war, hört an den Muskeln des

gelähmten Glieds die Fähigkeit, auf chemische oder elektrische Reize sich zu contrahiren, viel früher auf, als an den Muskeln des gesunden Glieds. In Gliedern, welche ihre Contractilität (oder wie andere Physiologen sagen Irritabilität) bereits verloren haben, kann sie durch Blutinjection wieder hergestellt werden (Brown-Séquards Versuch am Enthaupteten, an welchem 14 Stunden nach dem Tod die Irritabilität wiederkehrte). Unterbindet man mit demselben Autor an Thieren die Aorta abdominalis, so hört Bewegung und Empfindung des Hinterkörpers auf, stellt sich aber wieder her, wenn man die Ligatur beseitigt. Bei solchen Experimenten erleidet indess die Ernährung der Nerven sowohl als der Muskel eine tiefe Störung, und es lässt sich nicht mit Sicherheit schliessen, welche Rollen vergleichungsweise den Muskel- und Nervelementen bei der Localisation der Contractilitätserscheinungen zufallen.

Der Einfluss des Nervensystems auf die Muskelcontractilität lässt sich leicht constatiren, denn kein Muskel kann sich mehr auf das Gebot des Willens contrahiren, sobald sein Nerv durch Trennung von der Verbindung mit der Centralachse abgelöst und nicht durch Neubildung von Nervenfibrillen wieder mit ihr in Beziehung getreten ist. Allerdings kann man durch Reizung des mit dem Muskel verbundenen peripherischen Nervenstücks noch einige Tage Contractions erzielen; aber das Leitungsvermögen des letzteren verliert sich allmählig doch, und nach vier bis acht Tagen vermag die Nervenreizung keine Contractilitätserscheinungen mehr hervorzurufen. Gleichwohl ist nicht alle Contractilität erloschen, und man kann sie noch wochenlang durch directe Reizung der Fleischfaser in Thätigkeit setzen; allerdings nimmt sie mehr und mehr ab, nach 2 Monaten ist nur noch ein Minimum vorhanden, und endlich verschwindet sie ganz. Aus diesem Verhalten hat man den Schluss ziehen wollen, dass die Contractilität keine der Muskelfaser als solcher inhärirende Eigenthümlichkeit, sondern dass sie durch die in derselben auch nach der Trennung noch vorhandene Nervelemente inducirt sei; denn der abgetrennte Muskel könne, obwohl er Gefässe besitze und sich forternähre, doch auf die Dauer seine Contractilität nicht erhalten. Allein gerade gegen die ordnungsmässige Forternährung eines solchen Muskels muss man Einsprache erheben. Ein unthätiger Muskel atrophirt und verliert seine Querstreifung, verliert also die Bedingung seiner Integrität. Dass dagegen die Contractilität eine inhärirende Eigenschaft der Faser ist, wird aus dem Umstand wahrscheinlich, dass sein Ansprechen auf Reize, die ihm durch den Nerven übermittelt werden, früher erlischt, als das Ansprechen auf Reize, die unmittelbar auf die Faser einwirken; auch kann man, wenn man ein vom Nervensystem abgeschiedenes Muskelgewebe durch lange fortgeführte, häufig wiederholte Reize in Thätigkeit erhält, der Atrophie und dem Contractilitätsverlust vorbeugen (die Verfechter der Innervationstheorie verwerthen allerdings diesen Umstand für Rechnung der eingemengten Nervelemente, selbst in dem Fall,

dass der zuführende Nervenstumpf bereits durch Fettmetamorphose zu Grund gegangen ist). Für die Inhärenz spricht ferner die Beobachtung, dass bei starker Chloroformnarcose kein auf die Nervenstämme angewendeter Reiz mehr wirkt, die directe Muskelreizung aber Erfolg hat, denn man darf kaum annehmen, dass in den Nerven die Wirkung gerade da zum Abschluss komme, wo diese sich in den Muskelfasern verbreiten, und werden in der Haut auch die äussersten Enden der sensitiven Nerven in den Bereich der anästhetischen Action gezogen, so lässt sich analog auf ein ähnliches Verhalten der motorischen Nervenenden schliessen. In dieser Frage ist übrigens so viel pro und contra verhandelt worden, dass wir in dem Rahmen unseres Buches uns auf vorige Ausführungen beschränken müssen. Es genüge die Bemerkung, dass die Spezialisten sich noch immer in den Haaren liegen.

Die Erscheinungen der Contractilität zeigen sich auch an den vom lebenden Körper abgelösten Muskeln, und werden zum Studium derselben am häufigsten frische Froschschenkel verwendet. Solche Versuche sind sehr belehrend über die Dauer der Contractilität. Wenn man einen frischen Muskel an dem einen Ende aufhängt und an dem andern mit einem Gewicht belastet, so findet man, dass die Länge des Muskels, nachdem man eine gewisse Zahl etwas kräftiger elektrische Ströme durch denselben geleitet, sich vermehrt hat. Die Contractilität also, die einem gewissen Gewicht Widerstand leistete, ist durch die wiederholte Entladungen überwunden worden. Wahrscheinlich trifft etwas analoges zu bei der Ermüdung, die auf lange fortgesetzte Muskelcontractionen folgt und Aehnlichkeit hat mit dem Gefühle von Erschöpfung, das man nach langer Hebung oder Fortbewegung von Lasten empfindet. Der Versuch am aufgehängenen Muskel lehrt ferner, dass dieser, wenn man stets Gewichte zulegt, nicht, wie bei der kleineren Last, zur ursprünglichen Dimension zurückkehrt, sondern im Verhältniss der stärker werdenden Last sich immer weniger und zuletzt gar nicht mehr verkürzt. Ebenso wirkt länger fortgesetzte elektrische Reizung; die Contractilität erlischt dann in einem abgelösten Muskel viel schneller, als wenn man ihn nur selten zu Contractionen veranlasst.

Muskelreize.

Der wichtigste Reiz auf den gestreiften Muskel ist der durch den Nerven geleitete Wille, der unter Vermittlung des Muskelgewebs die knöchernen Hebel des Skeletts in Bewegung setzt und damit nicht nur die freien locomotorischen Thätigkeiten veranlasst, sondern auch Arbeitskraft liefert und eine Reihe von vegetativen Thätigkeiten unterstützt. Den glatten Muskelfasern gegenüber dient der Inhalt der Kanäle, welche sie umschliessen, als Reiz; so der Nährbissen, hinter welchem sich fortwährend die Muskelwand des Darmkanals zusammenzieht, das Blut auf das Herz und die Gefässe, die Secretionsprodukte auf die Aus-

Führungsgänge der betreffenden Organe u. s. w. Auch hier werden die Contractionen durch das Nervensystem vermittelt, welches den Reiz durch einen sensitiven Leiter zur Perception bringt und durch motorische Fibrillen die Reaction veranlasst.

Zum Behuf des Experiments pflegt man mechanische, chemische oder elektrische Reizungen anzuwenden. Letzterer bedient man sich besonders gerne in der Form der galvanischen Säulen und Inductionsapparate, deren Ströme man auf die Muskelnerven oder direct auf das Muskelgewebe einwirken lässt.

Die Muskelcontraction.

Den Vorgang der Contraction muss man mit dem Microscop beobachten. E. Weber empfiehlt zu diesem Ende die Verwendung eines Spiegelstücks, dessen Folie durch Wegnahme eines $1\frac{1}{2}$ —2 Linien breiten Streifen in zwei Theile getheilt ist; jeden derselben bringt man mit den Leitungsdrähten eines galvanischen Apparats in Verbindung. Nun wird der Muskel mit seinem Mittelstück auf die unverquickte Stelle, mit den Enden auf den Spiegelbeleg gebracht. Beim Schliessen der Kette verkürzt sich der Muskel, beim Oeffnen erschlafft er wieder. Waren die Fasern des Muskels vor dem Galvanisiren gerade, so bleiben sie es auch bei der Contraction; waren sie mässig geschlängelt, so werden sie im Moment der Verkürzung gerade und bleiben es, so lange die Kette geschlossen ist. Sobald man jedoch die letztere öffnet, so beugen sie sich auf ganz regelmässige Weise im Zickzack. Bowman machte die Wahrnehmung, dass dabei die Querstreifen der Primitivbündel einander näher rückten.

Durch die Contraction wird der Muskel zwar kürzer und dicker (die Verkürzung kann nach Weber bis zu $\frac{3}{4}$ der Länge steigen); doch scheint eine Volumenverminderung nicht oder nur in sehr geringem Grad einzutreten. Man hat den Froschschenkel in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss eingebracht, die obere Oeffnung verschlossen und in dieselbe eine feine Röhre eingekittet, in welche noch ein Theil des Wassers eindrang, so dass jede Volumenveränderung des Muskels sich durch ein Steigen oder Fallen des Wassers in der Röhre kund geben musste. Bewirkte man nun durch galvanische Reizung Contractionen des Froschschenkels, so wurde von vielen Forschern im Stand der Wassersäule gar keine Veränderung, von anderen (Ermann, E. Weber) nur ein sehr geringes Sinken wahrgenommen. Doch selbst im ersten Falle dürfte sich auf eine kleine Verminderung schliessen lassen, da unter dem Einfluss der Contraction Wärme frei wird, die expansiv auf das Wasser wirken muss.

Angebrachte Reize wirken am energischsten, wenn man sie auf den zum Muskel gehenden Nerv einwirken lässt. Die Contraction erfolgt übrigens nicht augenblicklich, sondern die Nervenleitung bedarf einer Frist, die allerdings beim gestreiften Muskel nur so kurz ist, dass bei momentaner Einwirkung die Contraction erst nach dem Aufhören der Reizung beginnt. Beim glatten Muskel nimmt sie erst einige Zeit nachher

ihren Anfang, vollbringt sich langsam und hört eben so langsam wieder auf. Beim gestreiften Muskel geschieht die Zusammenziehung anfangs lebhaft, verliert aber allmählig von ihrer Geschwindigkeit. Hat die Verkürzung ihr Maximum erreicht, so kömmt der Muskel wieder auf seine früheren Dimensionen zurück, und zwar in kürzerer Zeit, als zur Erreichung des Contractionshöhenpunktes nöthig war. Die Dauer der Contraction wechselt nach dem Mass der Verkürzung oder überhaupt des Widerstandes, den der Muskel zu überwinden hat. Das Maximum der jedesmaligen Verkürzung wird schneller erreicht vom nicht ermüdeten Muskel, bei kleineren Verkürzungen und dem Anhängen geringer Lasten. — Lässt man zwei momentane Reize, von denen jeder für sich das Maximum einer momentanen Reizung zu Stande bringt, rasch aufeinander folgen, so sind mehrere Fälle möglich. 1. Der zweite Reiz kömmt zur Wirkung genau nach Beendigung der Wirkung des ersten, und man hat zwei Contraktionen. 2. Der zweite Reiz gelangt zur Wirkung während der Wirkung des ersten; dann addirt sich die dem zweiten Reiz entsprechende Verkürzung mit dem vorhandenen Verkürzungsgrad des Muskels. 3. Der zweite Reiz kömmt zur Wirkung, wenn die dem ersten entsprechende Zuckung eben beginnt; dann ist die Verkürzung nicht grösser als bei einem einzigen Reiz. — Bei vielen schnell aufeinander folgenden electrischen Schlägen hat der Muskel keine Zeit, zwischen den Einzelschlägen zu erschlaffen; er verharrt daher in anhaltender Verkürzung (Tetanus), vermag übrigens trotz der gleichbleibenden Intensität des Reizes das anfängliche Verkürzungsmaximum nicht zu behaupten und verlängert sich allmählig wieder. Dieser Verlängerungszuwachs erfolgt übrigens nicht im gleichen Verhältniss der Zeiteinheiten; anfangs nimmt er zu, später aber wieder ab. Zur Herstellung einer anhaltenden Verkürzung sind beim Froschmuskel mindestens 15 electrische Schläge auf die Minute erforderlich. Andererseits hört aber der Tetanus auch auf, wenn sich die Schläge allzusehnell folgen (etwa 100 in der Secunde). Vermehrung der Stromstärke führt dann wieder Tetanus herbei.

Im Moment der Contraction entbinden die Muskel eine gewisse Menge Wärme. Dies geschieht auch am ruhenden Muskel (ja sogar am todten, der bei Warmblütern noch stunden-, bei Kaltblütern sogar tagelang Sauerstoff absorhirt und Kohlensäure aushaucht) in Folge der gewöhnlichen Ernährungsprocesse; aber während der Contraction verstärkt sich der Umsatz von Sauerstoff und Kohlensäure um mehr als das doppelte, und die gesteigerte Wärmebildung lässt sich durch thermoelectrische Tests constatiren. Am abgelösten Muskel kann man die durch die Contraction eingeleiteten Oxydationsprocesse experimentativ nachweisen. Dubois fand, dass die Muskel nach langer Ruhe neutral, nach wiederholten Contraktionen sauer reagiren. Auch fand Helmholtz im Gegensatz von dem Verhalten des ruhigen Muskels, dass der durch einen starken Inductionsapparat bis zur Erschöpfung

behandelte weit mehr Kreatin, Kreatinin, Harnstoff und Inosinsäure (höhere Oxydationsstufen des Fibrins) enthielt. Es ist früher gezeigt worden, dass bei körperlicher Anstrengung die Lungen- und Harnausscheidungen sich vermehren.

Ist ein Muskel durch längere Reizung unfähig zur Contraction geworden (Ermüdung), so kann er sich durch Ruhe wieder erholen. Diese Eigenschaft kömmt auch der frischen, vom Körper abgelösten Muskel zu.

Muskelkraft und Nutzeffect derselben.

Die Bedeutung der Muskelsubstanz und ihrer Thätigkeit besteht in der Lieferung mechanischer Arbeit, die, mag sie sich nun in Veränderung der Form eines Körpers, in Bewegung eines ruhenden Körpers, in Veränderung oder selbst in Vernichtung einer vorhandenen Bewegung u. s. w. kundgeben, stets auf den Ausdruck eines Zugs oder eines Drucks, somit auf die Ziffer eines Gewichts zurückgeführt werden kann. Allerdings hat die absolute Werthung einer solchen Kraftäusserung grosse Schwierigkeiten, da sie unter dem Einfluss der Innervation, der Ermüdung, der Angriffsrichtung, des Verkürzungsmasses, antagonistischer Wirkungen u. s. w. sehr wandelbar wird; allein unter der Voraussetzung des senkrechten Angriffs, des parallelen Faserzugs, der Integrität des Gewebes und der Aktionsfrische lässt sich annähernd wohl eine Formel finden, welche bei einmaliger Reizung der geäusserten Kraft proportional ist. Wenn ein Muskelprimitivbündel unter einem bestimmten Reiz sich um ein gewisses Mass verkürzt und um diesen Verkürzungscoefficienten eine gewisse Last hebt, so werden zwei unter dem gleichen Reiz stehende und gleich lange Bündel eine doppelt so grosse Last um dieselbe Grösse heben. Die Kraft steht also im Verhältniss zu der Zahl der Primitivbündel, respective zu dem Querschnitt eines Muskels. Da indess die Bündel, die zu einem Muskel vereint sind, meist nicht die gleiche Länge haben, sondern sich in verschiedenen Abständen an die Sehne anlegen, so muss dem Umstand Rechnung getragen werden, dass bei gleichem Reiz die kürzere Faser sich nur im Verhältniss ihrer Länge verkürzen kann; man hat demnach die verschiedenen Verkürzungsgrossen zu summiren, um das Gewicht zu finden, das ein Muskel zu der bestimmten Höhe zu heben vermag; mit anderen Worten, die Muskelkraft steht im Verhältniss zu dem Volumen, respective dem Gewicht des Muskels, von dem man das Gewicht der nicht musculösen Partien (Sehnen, Gefässe u. s. w.) in Abzug zu bringen hat.

Die Kraft, welche die Muskel während der Dauer ihrer Contractilität zu entwickeln vermögen, ist sehr bedeutend. Der Mensch trägt mit beiden Händen eine Last, die schwerer ist als sein Körper, und kann eine noch einmal so grosse ziehen; auch vermag der Wadenmuskel (beim Stehen auf den Zehen) einer Last das Gleichgewicht zu halten, welche das Eigengewicht des Muskels um das zweihundertfache überbietet. Manche können mit den Zähnen (Kaumuskeln) Pfir-

sichkerne zerbrechen, welche einem Gewicht von 200—300 Pfunden Widerstand leisten. Ein Mädchen, das tetanisch gekrümmt war, konnte nicht durch die Last von 4 Männern, die sich auf dasselbe legten, gestreckt werden. Noch höhere Kraftentwicklung findet man bei manchen Insecten, den Flöhen z. B., welche Lasten zu schleppen vermögen 70—80 mal grösser als ihr Körpergewicht.

Den Nutzeffect einer einmaligen Muskelcontraction hat man aus dem abgelösten Muskel in der Weise zu bemessen gesucht, dass man denselben, um in vertikaler Hebung eines Gewichts den einfachsten Ausdruck für Arbeitsleistung zu gewinnen, senkrecht aufhing und verschieden belastete, bis der Muskel die Last nicht mehr zu tragen vermochte. Die gelieferte Arbeit findet hier ihren Ausdruck in dem gehobenen Gewicht, multiplicirt mit der Hubhöhe. Bei diesem Experiment ergibt sich, dass der Nutzeffect mit der Belastung wächst, bei einer gewissen Belastungshöhe sein Maximum erreicht und bei weiterer Gewichtszulage zunehmend geringer wird. Ein ermüdeter Muskel verkürzt sich bei schwacher Belastung noch am besten und hat hierin das Mass seines höchsten Nutzeffects; eine stärkere kann er gar nicht mehr heben. — Zu Erhebung des Nutzeffects reicht indess die Beurtheilung einer einmaligen Contraction nicht zu; es muss noch beigefügt werden, innerhalb welcher Zeit eine Bewegung ausgeführt wird und wie oft sie wiederholt werden kann. Um hier Vergleichen anzustellen, reducirt man die Nutzeffecte auf Zeiteinheiten, z. B. eine Secunde, und auf Arbeitseinheiten, den Kilogramm-meter, ein Ausdruck, welcher die Hubhöhe eines Kilogramms um einen Meter bezeichnet. Aus den Erfahrungen der heutigen Mechanik berechnet sich die Secundenleistung eines mittleren Arbeiters auf 7 Kilogramm-meter; da jedoch die Muskulatur auch der Ruhe bedarf, so lässt sich der tägliche Nutzeffect des gedachten Arbeiters bei einer Arbeitsdauer von 8 Stunden zu 201,600 Kilogramm-metern, die Secundenleistung also einschliesslich der Ruhe zu 2,3 anschlagen (Vierordt).

Die Leichenstarre.

Bald nach dem Tod des Individuums tritt ein Zustand ein, in welchem das fleischige Muskelgewebe eine eigenthümliche Härte gewinnt und den verschiedenen Beugungsversuchen ein ziemlich starkes Hinderniss in den Weg legt. Diese Erstarrung bewirkt keine Contraction; sie befällt das Gewebe in dem Zustand, in welchem sie es vorfindet, und wenn man die Glieder gebeugt antrifft, so rührt dies daher, dass sie in dieser Lage von der Leichenstarre überrascht wurden. Die Starre beginnt in den Hals- und Kaumuskeln, geht auf die Gesichtsmuskeln über und schreitet dann auf die oberen Gliedmassen, den Rumpf und die unteren Extremitäten fort. Auch die Muskeln des vegetativen Lebens sind ihr unterworfen. Das Herz wird früh starr. Dass Contractilität und Nervensystem mit dieser Erscheinung nichts zu schaffen haben, geht aus

dem Umstand hervor, dass sie erst eintritt, wenn die Contractilität bereits erlahmt, und dass längst gelähmte Muskel gleichfalls erstarren.

In der Regel tritt die Leichenstarre bei kalter Jahreszeit schneller ein als bei warmer, schneller an den der Luft ausgesetzten Partien, als an denen, welche mit Bettstücken umhüllt sind, schneller und kräftiger nach einem plötzlichen Tod, als nach langen erschöpfenden Krankheiten. Durchschnittlich bemerkt man sie 12—18 Stunden nach dem Tod, ihre Dauer richtet sich nach der Temperatur und der Todesursache — einige Stunden bis zu mehreren Tagen; mit dem Eintritt der Fäulniss lässt sie nach.

Man kann auch am lebenden Thier durch Abschneiden der Blutzufuhr eine Art Leichenstarre bewirken, die sich übrigens wieder löst, wenn die Circulation aufs neue in Thätigkeit tritt (cfr. S. 165). Brown-Séquard beseitigte die Starre aus dem Bein eines hingerichteten Verbrechers nach schon vierstündigem Bestand dadurch, dass er in die Schenkelarterie defibrinirtes Arterienblut einspritzte, und erhielt in dem so behandelten Glied die Contractilität 41 Stunden aufrecht, während welcher Zeit der andere Fuss bereits zu faulen begann. Die Leichenstarre hängt sonach von einer durch das Stagniren des Blutstroms bedingten molecularen Veränderung im Inhalt der Muskelfibrillen ab, welche das Festwerden der Fleischfaser bewirkt. Brücke schreibt sie auf Rechnung des Muskelfibrins, das eben so gut gerinne, wie das im Blut; aber dann könnte der Zufluss des Blutes nicht so schnell wieder lösend wirken. Schiff ist der Ansicht, es gehe im Muskel eine chemische Zersetzung vor, die nach einiger Zeit eine den noch contractilen Muskel reizende Flüssigkeit liefere; durch diese werde er veranlasst, sich idiomuskular zu contrahiren, und so die Leichenstarre bewirkt; die gedachte Flüssigkeit sei bald sauer, bald alkalisch.

Mechanismus einiger der wichtigsten Körperbewegungen.

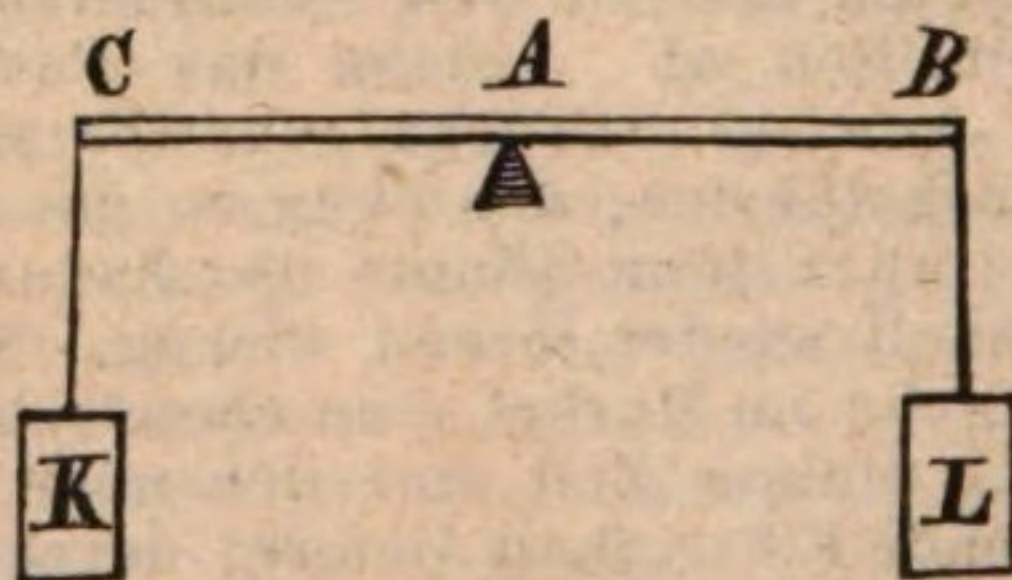
Wir sind schon früher wiederholt der Aktion der ringförmig gelagerten Muskelfasern begegnet, die als Hüllen um Hohlräume den flüssigen oder halbfesten Inhalt derselben durch Druck weiter bewegen oder durch eine Oeffnung austreiben; auch die Wirkung der nicht mit festen Anheftungspunkten versehenen Schliessmuskel ist uns bereits zur Anschauung gekommen und wird uns später wieder begegnen, und endlich bietet uns das verschiedene Spiel der Zungenmuskel ein Beispiel von einer Thätigkeit, die sich ohne starre Insertionspunkte oder nur bei einer einseitigen Anheftung vollbringt. Hierorts aber wollen wir die Lageveränderungen betrachten, welche hervorgebracht werden, wenn dem Gebot des Willens gehorchende Muskel mit ihren beiden oder mehrfältigen Enden an starren gegen einander beweglichen Körpern befestigt sind.

Die festen Massen des Skeletts haben nicht nur die Bestimmung, verschiedenen wichtigen Organen

(Gehirn, Rückenmark, Herz, Lungen) zum Schutz zu dienen, sondern dieses gibt auch durch die grosse Anzahl seiner Einzelstücke, welche grossentheils durch verschieden gebaute Gelenke beweglich mit einander verbunden sind, Gelegenheit zu den mannigfaltigsten Veränderungen in der Form des Körpers und in der Lage der Einzeltheile. Die Bewegungen, durch welche diese Veränderungen vor sich gehen, werden durch die Contraction der Muskel bewirkt, deren Enden an zwei oder mehreren gegen einander verschiebbaren Knochenstücken starre Anhaltspunkte finden. Die Knochen sind sonach die passiven Träger der Bewegung, und die Wirbelsäule bildet den Mittelpunkt in der Gliederung des allgemeinen Bewegungssystems, sofern fast alle starren Theile des Organismus mittelbar oder unmittelbar mit ihr in Verbindung stehen.

Die Bewegung der Knochen geschieht nach dem Gesetz des Hebels, von dem uns die Mechanik dreierlei Arten kennen lehrt. Die erste Art von Hebel ist diejenige, in welcher der Stützpunkt A zwischen den Angriffspunkt der Last L und den der Kraft K zu liegen kömmt (Fig. 33). Der Kraftarm ist also A C,

Fig. 33.

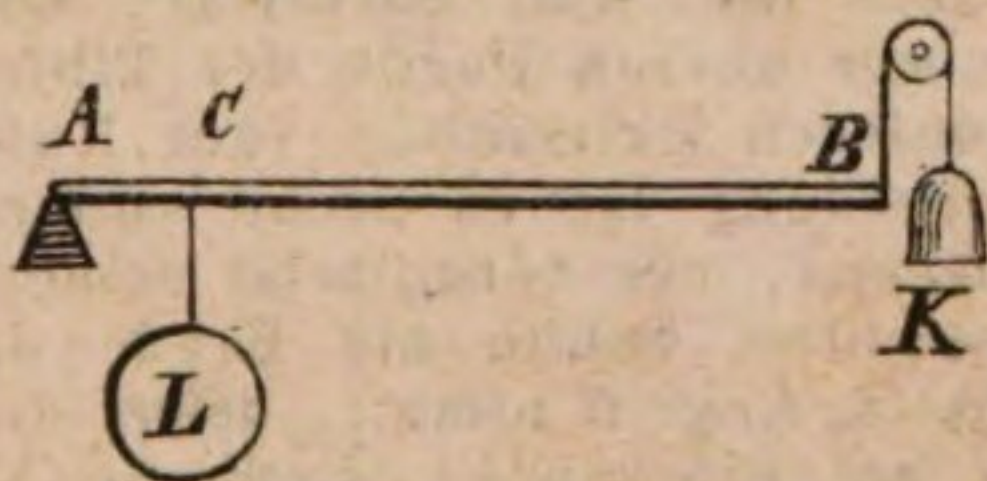


der Lastarm A B. Der Unterstützungspunkt kann von B und C gleichweit abstehen, und dann müssen zu Erhaltung des Gleichgewichts Kraft und Last gleich gross sein. Wird dagegen der Stützpunkt näher nach C gerückt, so muss zu Herstellung des Gleichgewichts die Kraft grösser genommen werden, als die Last, und zwar im Verhältniss von $K : L = A B : A C$. Die Kraft oder Last hat sonach im Mass der Verkürzung des ihr zugehörigen Arms zu steigen. — Der Hebel dieser Art kömmt häufig im Organismus vor und könnte beim Menschen der Stehhebel genannt werden. Er ist vorhanden, wenn der Kopf auf der Wirbelsäule im Gleichgewicht ruht; der Unterstützungspunkt befindet sich in der Articulation des Hinterhauptlochs, die Last, dem Gewicht des Kopfs entsprechend, hat die Tendenz, nach vorn zu überstürzen, und die Kraft, welche dies hindert, haben wir in den hintern Halsmuskeln zu suchen, welche den kurzen ihnen zugewandten Hebelarm nach unten ziehen. Bei der Beugung des Kopfs nach vorn tritt dasselbe Verhältniss ein; nur wird die Last durch die vorderen Halsmuskeln verstärkt, während die Kraft in den hinteren Muskeln durch die Festigkeit der Bänder unterstützt wird. Weiter stellt einen Hebel erster Art den Rumpf dar, welcher auf den beiden Schenkelköpfen ruht;

letztere bilden den Unterstützungspunkt; die Last wird durch die Thätigkeit der Muskeln vertreten, welche den Rumpf nach vorn zu beugen streben, und die Kraft ist in den Gesässmuskeln zu suchen, welche das Becken hindern, den Flexoren nachzugeben. — In den Bewegungen des Menschen ist diese Art Hebel selten, häufiger aber bei den Gliedstreckbewegungen der Vierfüsser. Die Kraft entspricht den Extensoren, der Unterstützungspunkt dem Gelenk, und die Last dem Gewicht der gerade zu richtenden Extremität. Der Hebel ist ein Hebel erster Art, weil das Ende des Knochens, auf welchen die Streckkraft wirken will, in einem Winkel über den Bewegungsmittelpunkt (das Gelenk) hervorsteht. Der Kraftarm erscheint dabei allerdings nur kurz, doch findet man diese Anordnung häufig, und sie gewinnt in dem Hebel dritter Art ihr Maximum.

Ein Hebel zweiter Art (Fig. 34) ist derjenige, in welchem die Last L zwischen dem Stützpunkt A und der

Fig. 34.

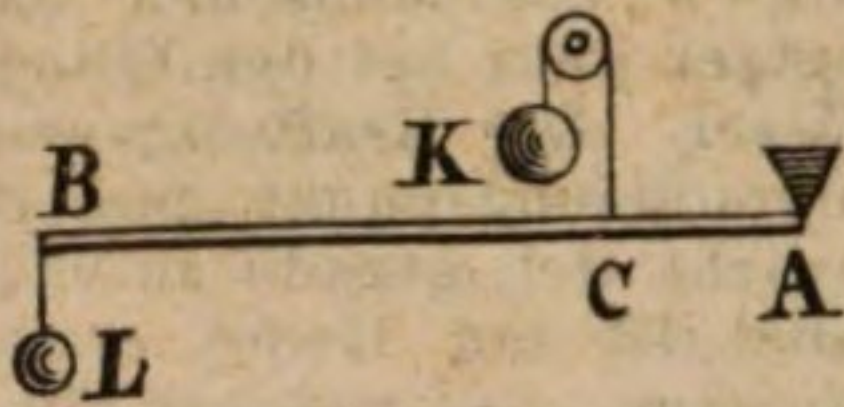


Kraft K liegt. Der Kraftarm ist $A B$, der Lastarm $A C$. Man sieht, dass hier der Kraftarm immer viel länger sein muss als der Lastarm, da letzterer nur ein Theilstück des ersteren ausmacht, und es kann eine kleine Kraft einer grossen Last das Gleichgewicht halten, nämlich in dem Mass des Unterschieds der beiden Arme. Diese Art Hebel kommt im thierischen Organismus nicht häufig zur Verwendung. Ein Beispiel davon gibt das Oeffnen des Mundes durch die Thätigkeit des *M. digastricus*; der Stützpunkt befindet sich im Kiefergelenk, die Kraft in dem Insertionspunkt des Muskels am unteren Kinnrand, der Widerstand respective die Last in dem zwischen Kraft und Last antagonistisch wirkenden Schläfemuskel. Das gleiche Verhalten bemerken wir, wenn der Mensch, wie beim Gehen stetig geschieht, sich auf die Zehen hebt. Zehen = A , Körperlast = L , Insertionspunkt der Wadenmuskelsehne = K . Häufiger begegnen wir dieser Hebelart bei der Handarbeit, dem Schieben eines Schubkarrens z. B., wo das Rad den Stützpunkt, die Füllung des Karrens die Last, der schiebende Mensch die Kraft repräsentirt.

Im Hebel dritter Art befindet sich die Kraft K zwischen dem endständigen Stützpunkt A und dem Widerstandspunkt L (Fig. 35). Der Widerstandsarm hat hier sein Mass in $A B$, der Kraftarm in $A C$, und da in diesem Hebel der Widerstandsarm immer länger ist, als der Kraftarm, so muss auch zur Gleichgewichtsherstellung die Kraft stets grösser sein als der Widerstand. Dieser Hebel ist der verbreitetste

im thierischen Organismus und vorzugsweise der Hebel der Ortsveränderung. Man begegnet ihm in den mei-

Fig. 35.



sten partiellen oder Gesamtbewegungen, namentlich aber in den Beugebewegungen. Einige Beispiele: bei der Beugung des Vorderarms ist der Stütz- oder Bewegungsmittelpunkt das Ellenbogengelenk; die Kraft denken wir uns durch den M. biceps auf die obere Partie des Radius geübt, und die Last wird durch das Gewicht des Vorderarms repräsentirt. Dasselbe Verhalten bemerken wir bei der Beugung des Vorderfusses — Unterstützungspunkt für das Kniegelenk, Kraftangriff durch die Mm. Sartorius, Gracilis und Semitendinosus zur oberen Partie der Tibia, Last das Gewicht der unteren Extremität vom Knie abwärts. Bei der Beinstreckung ist es nicht anders. Der M. extensor quadriceps, der vermittelt seiner die Knie-scheibe umfassenden Sehne als Kraft den oberen Theil der Tibia in Angriff nimmt, dreht die Last des Beins um das als Stützpunkt dienende Kniegelenk. Für die Kraftmechanik ist die Verwendung dieses Hebels eben nicht vortheilhaft, da das Kraftmoment immer ein höheres sein muss als das der Belastung, um so höher, je näher der Kraftangriff dem Stützpunkt liegt, und in unseren aufgeführten Beispielen liegen diese beiden Punkte einander sehr nah. Allein im Organismus finden wir die Muskelkräfte nicht eben gespart, sondern häufig einen sehr grossen Kraftaufwand für kleine Leistungszwecke. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, dass die Wadenmuskel eines Mannes, der auf dem einen Fuss stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, sie mithin statt 140 Pfunden, die wir als das Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfunden tragen. Aber diese Verschwendung kömmt einmal dem Ebenmass der Form zu statten, und andererseits wird, was an Kraft verloren geht, an Geschwindigkeit der Bewegung gewonnen. Wir sehen aus Figur 35, dass eine geringe Hebung von C in derselben Zeit eine viel grössere von B bewirken muss.

Es kömmt indess noch weiter auch die Richtung, in welcher eine Kraft auf den Hebelarm wirkt, in Betracht. Die günstigste Anordnung ist die senkrechte: je schiefer sie agirt, desto geringer wird die Wirkung und desto höher muss sich die Kraft steigern, um dem Widerstand das Gleichgewicht zu halten. Nun bemerkt man aber, dass die Muskelkraft nur in gewissen Bewegungsmomenten senkrecht auf die zu bewegendenden Hebel wirkt. Wenn die Beugung des Vorderarms be-

ginnt, so wirkt der Biceps nicht senkrecht auf dem Radius, sondern legt sich eher fast parallel an denselben an; erst später gewinnt er die senkrechte Richtung. Bei der Beugung wird im allgemeinen die Bewegung um so mehr begünstigt, je mehr sich die Muskel der Grenze ihrer Contractionsfähigkeit nähern. Bei der Streckung dagegen wirkt während der ganzen Dauer der Bewegung die Kraft in schiefer Richtung; daher auch der stärkere Bau der Extensoren, welche sich dem Gewicht nach zu den Flexoren wie 11 : 5 verhalten. Die wulstigen Enden der Knochen haben den Zweck, die schiefe Richtung der Kraft auf die Hebel zu vermindern. Der Faserzug eines Muskels gibt sonach nicht die wahre Richtung der Kraft an, denn die Insertionssehne ändert dieselbe, selbst wenn sie um die Gelenkswulst nur einen geringen Kreisbogen beschreibt, endgiltig gegen die Anheftungsstelle in ausgedehnterem Maas, als man auf den ersten Blick glauben möchte.

Wenn wir uns mit der Nutzanwendung der Muskelcontraction beschäftigen, dürfen wir nicht vergessen, dass letztere nur aussetzend wirkt und in der Ermüdung, respective Erschöpfung ihre nothwendige Grenze findet. Vieles von dem, was uns als Ruhe erscheint, ist nur eine Gleichgewichtsbewegung, und wenn man lange stehen muss, so fühlt man wiederholt jenen Grad von Ermüdung, der uns nöthigt, uns bald mehr auf diese, bald mehr auf jene Extremität zu stützen. Wo es einen Widerstand nachhaltig zu überwinden gilt, sind im Organismus die elastischen Gewebe zur Verwendung gekommen. So die derbe elastische Haut, welche die Arterien stetig offen hält, die zwischen den Wirbeln lagernden elastischen Bandscheiben, die Bänder der Wirbelsäule u. s. w. Bei grasfressenden Herbivoren mit schweren Köpfen (Ochse, Hirsch) wäre die Muskulatur bei dem kurzen Kraftarm des Hebels erster Art nicht im Stande, dem Widerstand mit gehörigem Erfolg zu begegnen, wenn nicht durch das stark entwickelte Nackenband eine stetige Spannung unterhalten würde. Wo eine solche Einrichtung fehlt oder nicht kräftig genug entwickelt ist, sehen wir in den Kopfbewegungen ein gewisses Intermittiren, das mit der Anstrengung und Ermüdung der Muskel parallel läuft, in dem stetigen ruckweisen Kopfnicken der Tauben zum Beispiel. Wo gewisse ringförmige Muskel (die Sphinkteren) einen stetigen Verschluss zu bilden scheinen, geschieht dies gleichfalls vermöge ihrer Elasticität (manche Physiologen postuliren dafür einen vitalen Act, den sie Tonicität nennen) während ihr activeres Verhalten (das Abschneiden des Excrementencylinders, das der Befeuchtung des Augapfels dienende Zwinkern der Augenlider u. s. w.) gleichfalls intermittirend vor sich geht.

Meist hängt es von unserem Willen ab, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen andern wirken lassen. Allein im Grund ist jede Muskelcontraction bereits eine combinirte Bewegung, indem durch die umhüllende Muskelscheiden und die Sehnen sämtliche Primitivbündel zu einer vereinten Thätigkeit gezwungen werden. So beruhen denn auch

viele und namentlich die wichtigsten Bewegungen auf einem Zusammenwirken mehrerer Muskeln und auf der regelmässigen Aufeinanderfolge der Contraction eines jeden einzelnen Muskels. Wie wichtig hiebei die Gewöhnung, die Uebung ist, kann man sich leicht anschaulich machen in dem linkischen Wesen eines Mädchens, das man auffordert, nach einem Ziel zu werfen. Wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung, und die mechanischen Fertigkeiten des Menschen hängen hauptsächlich von der Uebung der zur Verwendung kommenden Muskel ab.

Ehe wir bei den wichtigsten Körperbewegungen ins einzelne übergehen, müssen wir einige Worte über den Schwerpunkt des menschlichen Körpers und über das Verhalten der Gelenke vorausschicken.

Was der Schwerpunkt eines Körpers ist, lehrt die Physik. Am menschlichen Körper lässt er sich experimentell bestimmen. Wenn wir diesen durch eine ideelle senkrechte Fläche in eine rechte und in eine linke Hälfte theilen, so kann man annehmen, dass jede derselben das nämliche Gewicht habe; der Schwerpunkt muss also in dieser Ebene liegen. Wenn man nun den Menschen auf ein horizontales, nach Art eines Wagbalkens balancirendes Brett legt, so wird sich der Körper im Gleichgewicht befinden, wenn die auf die Unterstützungsleiste des Bretts senkrecht gedachte Ebene den letzten Lendenwirbel ungefähr in dessen Mitte schneidet. Der Schwerpunkt ist also in der Linie zu suchen, in welcher die Längs- und die Querebene sich begegnen. Da ferner der Rumpf auf dem Kopfe des Oberschenkels sich im Gleichgewicht befindet, so muss der Schwerpunkt auch in der Ebene liegen, welche, durch die Rotationsachse der beiden Schenkelköpfe gehend, das Becken senkrecht theilt. Der Schwerpunkt wird sonach durch das Zusammentreffen dieser drei Ebenen bestimmt; er entspricht einem ideellen Punkt im Lichtraum des Beckens und liegt ungefähr 3 rheinl. Zolle über der horizontalen Ebene durch den hervorspringenden Winkel, der durch die Articulation des letzten Lendenwirbels mit dem Heiligenbein gedacht wird. — Der menschliche Körper befindet sich erst im Gleichgewicht, wenn das von seinem Schwerpunkt ausgehende Loth in die Unterstützungsbasis fällt, welche durch den von seinen Beinen bedeckten Flächenraum oder, falls sie gespreizt sind, durch das zwischen ihnen befindliche Viereck dargestellt wird. Beim Tragen von Lasten ist nach den Lehren der Mechanik der gemeinsame Schwerpunkt die Resultante des Körper- und des Lastschwerpunkts, deren Loth zwischen den Lothen der beiden genannten Punkte die vorerwähnte Unterstützungsebene treffen muss, wenn es nicht zu einem Ueberstürzen kommen soll.

Die einzelnen Knochenstücke sind mit einander durch Bänder verbunden, die aber häufig, um die Beweglichkeit derselben nicht zu beeinträchtigen, keine sehr grosse Festigkeit zeigen und in diesem Fall leicht einer Luxation Raum geben. Nun eignen sich die Muskel schon um ihrer intermittirenden Thä-

tigkeit nicht dazu, ein Paar Gelenksenden stetig mit einander im Contact zu erhalten; um nun diesen Zweck zu erreichen, hat die Natur statt des elastischen Gewebes, das gleichfalls die grössere freie Beweglichkeit hindern würde, den atmosphärischen Druck zur Verwendung gebracht. Die glatten Gelenksköpfe werden nämlich durch das Vacuum des Pfannenraums in ihren Höhlen festgehalten. W. Weber hat dies am Hüftgelenk nachgewiesen. Wenn man an der Leiche bei niederhängendem Bein die Weichtheile um das Hüftgelenk her durchschneidet und die Kapselmembran öffnet, so bleibt das Gelenk fest in seiner Höhle, und zwar nicht, weil es durch den wulstigen Rand der Pfanne oder durch das runde Zwischengelenksband gehalten wird, denn es tritt, dem Schwergesetz folgend, sogleich aus, wenn man vom Becken aus ein kleines Loch in den Grund der Gelenkhöhle bohrt und dadurch der Luft den Zutritt in die letztere öffnet. Dasselbe geschieht, wenn man das Beckenstück, das mit einem durch ein Gewicht belasteten Gelenkskopf noch in Verbindung steht, unter die Luftpumpe bringt. Hieraus wird auch das Müdigkeitsgefühl begreiflich, das bei sehr niederem Barometerstand während der Bewegungen der Ortsveränderung bald empfunden wird, während andererseits auf dem Meeresgrund in der viel stärker comprimierten Luft der Taucherglocke, die Bewegungen mit grösserer Leichtigkeit vor sich gehen. — Die übrigen Gelenke verhalten sich wahrscheinlich ebenso. Wenn man die Fingergelenke knacken lassen will, so wird die Zuggewalt, welche dies bewirkt, dem Atmosphärendruck das Gleichgewicht halten müssen.

Das Stehen

in aufrechter Haltung ist eine combinirte Gleichgewichtsbewegung mit gestreckten Beinen, bei welcher das Schwerpunktsloth des Körpers auf die zwischen den Füßen liegende Bodenfläche fällt; es wird um so sicherer, je breiter die letztere ist. Bei demjenigen Stehen, bei welchem wir am wenigsten ermüden, steht der Rumpf nicht im Gleichgewicht auf der durch beide Mittelpunkte des Hüftgelenks gedachten Querachse, sondern sinkt hinten über, und das Schwerloth fällt hinter derselben ab. Indem der Rumpf zurücksinkt, was bei befestigtem Oberschenkel besonders durch die *Mm. glutei* geschieht, spannt sich das starke Bündel des Kapselbandes, das den obern, vorderen Umfang des Hüftgelenks umkleidet, unterhalb der *Spina inferior anterior ossis illi* entspringt und theils an die *Linea intertrochanterica anterior*, theils nach der hintern Fläche des Schenkelhalses geht. Dieses Band verhindert das zu starke Rückwärtssinken des Rumpfs. Bei dieser Art des Stehens, bei welcher durch den Zug der *Glutei* das Becken und somit der ganze Rumpf nach hinten gezogen wird, ist die Muskelanstrengung relativ gering, indem einerseits durch die Rumpfschwere, andererseits durch das erwähnte Ligament (*Lig. superius femoris*) das Gleichgewicht

sich herstellt. Wird aber beim Stehen der Rumpf gerade gestreckt und soll er auf der durch die Hüftgelenke gehenden Querachse balanciren, so haben sehr viele Muskeln mitzuwirken, und es ist Aufmerksamkeit nothwendig, wenn man das Gleichgewicht nicht verlieren soll; namentlich müssen, wie hinten die Glutaei, vorn der Iliopsoas und die Strecker des Rückgrats angezogen werden. Zur Streckung im Hüftgelenk muss auch eine solche im Kniegelenk kommen, die allerdings verschieden stark sein kann, da selbst bei halber Beugung ein Stehen möglich ist. Diese Beugung besteht aber nicht darin, dass der Unterschenkel gegen den Oberschenkel heraufgezogen wird, sondern dass dieser gegen die Kniee einsinkt, was theils durch die Schwere des Körpers, theils activ durch die Contraction der Gastrocnemii geschehen kann. Die Körperschwere würde ein Zusammensinken bewirken, wenn nicht dabei theils das Lig. superius durch seine vermehrte Spannung, theils die Partie der Fascia lata, welche von der Spina anterior superior ossis illi gegen den Condylus externus tibiae sich hin erstreckt, eine Gegenwirkung zeigten. In dieser Lage, in welcher die Schwere des Körpers ein wesentliches Moment abgibt, ist das Stehen am wenigsten ermüdend; soll aber bei aufrechtem Stehen die Streckung vollständig eintreten, so müssen die Extensores cruris, welche beim Stehen nie ganz unthätig bleiben, in vollkommene Action treten. — Die Füße bilden wieder die hauptsächliche Stütze für den Unterschenkel und den ganzen Oberkörper. Es kommt darauf an, dass die Tibia auf der obern Knorpelfläche des Taluskörpers so aufruhe, dass sie nicht abgleite. Durch die Schwere würde die Tibia nach vorn gebeugt werden, weil nämlich das Schwerloth vor das Gelenk fallen muss, wenn sie die Mitte der Fusssohle treffen soll; durch die gestreckte Haltung im Knie- und Hüftgelenk dagegen wird diesem Streben vorgebeugt, obschon dabei einerseits die Fussstrecker (Gastrocnemii und Soleus), anderntheils die Mi. tibialis posticus longus und peroneus longus mitwirken. — Der Fuss selbst steht hauptsächlich auf drei Punkten, auf der Tuberositas calcanei und auf den Köpfchen des ersten und fünften Metatarsalknochens (Ballen der grossen und kleinen Zehe). Die dazwischen liegende Wölbung, welche die Körperschwere abzuflachen sucht, wird hauptsächlich durch die Spannung der Bänder an der Plantarseite des Fuss skeletts erhalten; nur bei krankhafter Erschlaffung derselben gibt die Wölbung nach (Plattfuss). Auch bei dem sogenannten Stehen auf den Zehen sind die erwähnten Metatarsalköpfchen die Stützpunkte; man balancirt auf ihnen mit gestrecktem Fussgelenk und beugt dabei den Rumpf so weit vor, dass das Schwerloth in die Linie zwischen den beiden Ballen der grossen Zehen fällt. — Beim Stehen auf einem Bein wird die Unterstüzungs ebene viel kleiner, und der Körper neigt sich nach dem thätigen Bein hin, um auf dasselbe sein Gewicht zu übertragen. Ein längeres Verweilen in dieser Haltung ist sehr ermüdend, denn das belastete Glied hat nicht bloss das doppelte Gewicht zu tragen, sondern die kleine Unter-

stützungsbasis braucht eine sehr energische Muskelthätigkeit, um den Schwerpunkt in der geeigneten Lage zu erhalten.

Das Gehen, Laufen, Springen.

Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung der Körperschwere von einem Bein auf das andere, während zugleich die Beine den Ort wechseln und sich vorwärts bewegen. Bei jedem Doppelschritt kömmt sonach einmal das linke, einmal das rechte an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere vorwärts schwingt. Das ausschreitende Bein wird, um bei seiner Bewegung den Boden nicht zu berühren, etwas im Kniegelenk gebogen und schwingt nun, bloss von dem Druck der Luft getragen (cfr. S. 177), wie ein Pendel vorwärts, während das stützende Bein sich nach vorn neigt und somit, wegen Verlegung der Schwerlothsbasis in eine stützeloze Ebene, der Körper im buchstäblichen Sinn des Worts voranfällt. Ehe es aber zum wirklichen Sturz kommen kann, hat das schwingende Bein seine Pendelschwingung vollendet und dient nun von neuem dem Körper als Stütze. Doch schon im Niedersetzen der Sohle beginnt das zurückgelassene Bein sich zu heben, indem es zuerst die Ferse, dann den Ballen vom Boden abwickelt und damit das Becken nach vorn schiebt. Indem nun während dieses Vorwärtsschiebens der Körper wieder in dem aufgestellten Bein eine Stütze gefunden hat, macht das andere seine Pendelschwingung, um zur rechten Zeit das vorwärts geschobene Körpergewicht wieder zu stützen, und der Doppelschritt ist beendet. — Man ersieht hieraus, wie das Gehen aus einer Reihe von Momenten besteht, deren Verfolgung grosse Aufmerksamkeit fordert; es erscheint in Wirklichkeit als ein stetiges Vorwärtsfallen des Körpers, das ebenso regelmässig durch die vorwärtsschwingenden und unterstützenden Beine gehindert wird. Je langsamer der Schritt ist, desto länger ruht der Rumpf auf beiden Beinen; je schneller man geht, desto mehr wird dieses Moment verkürzt, bis es sich beim Laufen auf Null reducirt. Die Geschwindigkeit des Gehens oder die Länge des in einer gegebenen Zeit durchlaufenen Wegs hängt von der Länge und der Dauer des Schritts ab und steht mit ersterer im geraden, mit letzterer im umgekehrten Verhältniss. Zum schnellen Gehen vermindert man die Länge und verkürzt die Dauer. Da letztere von der für die zur Streckung des Glieds und zu dessen Schwingen erforderlichen Zeit bedingt wird, so kann man auf sie nur dadurch einwirken, dass man die Streckung mehr oder weniger rasch vollbringt. Die Zeit für diese Streckung lässt sich sogar fast zu Null machen, wenn man sie ganz vollbringt, während das schwebende Glied in Schwingung begriffen ist; tritt dann dieses auf den Boden auf, so hat das andere seine Streckung beendet und hebt sich unverweilt von dem Boden ab. Der Doppelschritt besteht dann bloss aus zwei Pendelschwingungen und

08 80
+400p
08 80
-2qp6
-9dbe

der Körper berührt die Erde nur je mit einem Fuss. Diese Art des beschleunigten Gehens, welche in der Secunde ein Maximum von 2,6 Metern und in der Stunde einen Weg von etwas mehr als 8 Kilometer ermöglicht, hält die Mitte zwischen dem Gehen und dem Laufen, bei welchem stets nur ein Bein den Körper stützt und das eine in demselben Augenblick den Boden verlässt, in welchem ihn das andere berührt. Die schiebende Bewegung wird zur Schleuderbewegung, und je schneller man läuft, desto schwieriger wird es um der mitgetheilten Geschwindigkeit willen, sich im Lauf aufzuhalten. Im Schnelllauf gibt es sogar eine gewisse Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft schwebt, ohne auf irgend eine Weise gestützt zu sein; er ist demnach ein Uebergang zum Sprung, und wir unterscheiden nur desshalb zwischen diesen beiden Bewegungen, weil wir beim Lauf eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortschreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne grössere Kraftanstrengung verstehen, bei welcher wir die verschiedenen Gelenke des Fusses und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich aus einanderzuzschnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, bei welcher die Beine nachgezogen werden. Man unterscheidet hier den Sprung auf dem Platz (Hochsprung mit senkrechter und Weitsprung mit parabolischer Elevation) und den Weitsprung mit Anlauf. In dem letzteren tritt die Geschwindigkeit, welche der Körper im Moment seiner Abhebung vom Boden erreicht hat, zu dem Springimpuls selbst und vermehrt damit die Weite des Sprungraums. Bei dieser Art der Ortsveränderung stehen die Beine, wenn sie die Erde verlassen, nicht in gleicher Linie, und der Sprung wird hauptsächlich durch das Abschnappen des hinteren Glieds bewirkt. Sobald die Füße die Erde verlassen haben, strecken sich die Unterglieder stark nach vorn, während die oberen in derselben Richtung hängen. Körper und Gliedmassen haben nämlich beim Sprung noch vom Anlauf her eine gewisse Bewegungsquantität in sich, welche sich in dem Vorwärtsstrecken der Arme und Beine zu erkennen gibt.

Das Kriechen, Klettern, Schwimmen.

Das Kriechen, eine dem Menschen unnatürliche Bewegung, vollbringt sich dadurch, dass bei am Boden liegender Vorderseite des Rumpfs die vorderen Extremitäten sich strecken und durch Beugung den Körper nachziehen, während zugleich die hinteren durch Schieben Beihilfe leisten.

Das Klettern geschieht in ähnlicher Weise. Die Hauptkraft liegt hier in den Armen, welche, sich vorwärts streckend und mit den Händen befestigend, durch allmälige Wirkung ihrer Flaxoren den ganzen Körper nachziehen. Zugleich krümmt sich der Rumpf, um die Hinterglieder möglichst nah unter den Armen anlegen zu können. Halten diese durch Wirkung der Anzieher und Beuger den zu erkletternden Gegenstand

fest umschlungen, so folgt eine neue Streckung, welche den Rumpf weiter schiebt.

Schwimmen. Das specifische Gewicht des menschlichen Körpers ist nicht viel schwerer, im Moment tiefer Inspiration sogar leichter als das Wasser, so dass der Schwimmende allein durch das Einathmen sich oben erhalten kann und nur bei der Expiration stützender Hand- oder Fussbewegungen bedarf. Hierzu ist allerdings Uebung nöthig, denn der Ungeübte sinkt unter. Will man im Wasser vorwärts kommen, so kann dies in verschiedenen Lagen geschehen. Am besten schwimmt man, wenn man sich in der Bauchlage horizontal in der oberen Wasserschichte befindet; die Rückenlage passt mehr für die Ruhe und fördert den Schwimmer weniger schnell vorwärts. Beim Schwimmen in der Bauchlage bringt man die Gliedmassen zuerst in den Zustand der Beugung; die Fersen sind bei auswärts gedrehter Fusspitze dem Gesässe genähert, und die mit den innern Flächen zusammengelegten Hände befinden sich an der vordern Partie des Brustkorbs. Nun machen die Glieder eine Streckbewegung; das Wasser erhält dabei von der Fläche der Sohlen und in schiefer Richtung von den Ober- und Unterschenkeln einen Stoss, der den Körper nach vorn drängt, während die nach vorn gestreckten zusammengelegten Hände bei ihrem kielartigen Einschneiden in das Wasser dem möglichst geringen Widerstand begegnen. Der Streckbewegung folgt die Beugung. Die Beine kehren in die anfängliche Lage zurück, eine Bewegung, die sich nur langsam vollzieht, um nicht in entgegengesetzter Richtung Gewalt auf das Wasser zu üben. Während dieses Tempos gehen auch die Arme auseinander; die Hände legen sich flach, machen eine Kreisbewegung und vereinigen sich wieder vor dem Brustkorb; dabei drücken sie von oben nach unten auf das Wasser und zugleich in schräger Richtung nach hinten, so dass sie wie wahre Ruder wirken. Auf diese Weise erhält sich der Körper an der Oberfläche, und der ihm von den hinteren Gliedern mitgetheilte Impuls wird zu einem nachhaltigen. — Das Fortschwimmen auf dem Rücken geschieht durch die rasche Streckung der Unterglieder, welche mit der Sohle, der Hinterfläche der Oberschenkel und der vorderen der Unterschenkel gegen das Wasser stossen. Dabei liegen die Hände flach an der Seite des Körpers und führen leichte Abwärtsbewegungen aus, um den Rumpf oben zu erhalten.

Zweites Kapitel.

Stimmbildung und Sprache.

Unter *Stimme* verstehen wir den Ton, welchen der Mensch und die höheren Thiere dadurch hervorbringen, dass sie aus den Lungen die Luft durch den in die geeigneten Bedingungen versetzten Kehlkopf austreiben; die *Sprache* dagegen, jene eigenthümliche, durch gewisse Veränderungen in den über dem Kehlkopf gelegenen Partien der Mund- und Nasenhöhle bewirkte Articulation der Stimme, vermöge deren unter den Individuen die schnellste Verständigung und der Austausch von Ideen möglich wird, ist ein Vorrecht des Menschen.

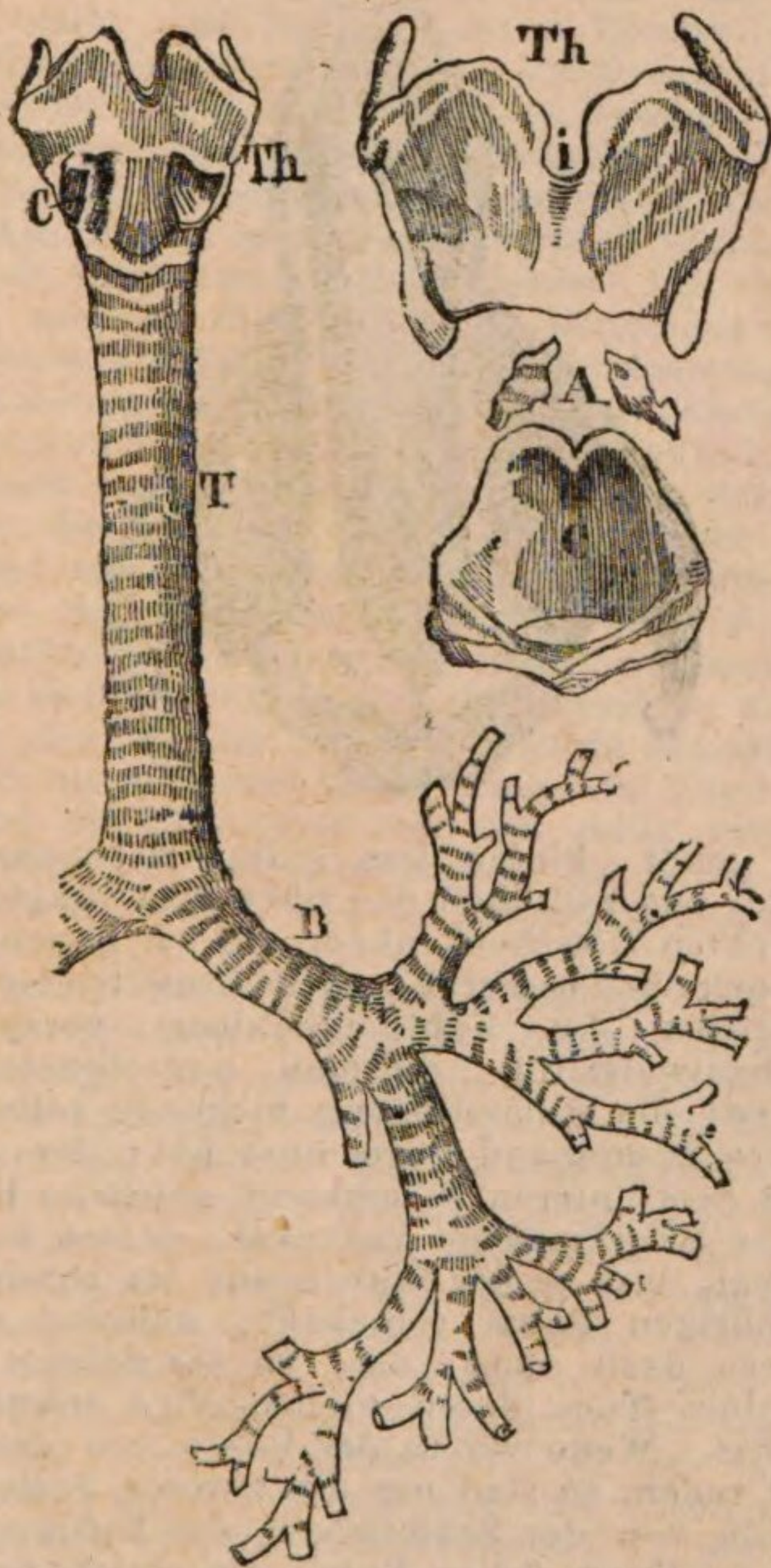
Die Stimme.

Der Stimmapparat besteht aus drei wesentlichen Theilen: 1. aus den Organen, welche die Luft durch den Kehlkopf treiben und bei der Stimmbildung nach Art der Orgelblasbälge wirken, nämlich den Lungen, deren Action wir schon früher betrachtet haben; 2. aus dem Kehlkopf, in welchem die von den Lungen ausgetriebene Luft an den sogenannten Stimmbändern räsonirt, und 3. in dem Ansatzrohr, das durch den Schlundkopf, die Mundhöhle und die Nasenhöhle gebildet wird und in dem sich der Ton durch Resonanz verstärkt oder durch gewisse Muskelthätigkeiten eigenthümlich modificirt.

Der *Kehlkopf* ist eine Combination von mehreren beweglichen Knorpeln, welche durch vielfache Bänder zusammengehalten und durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihrer Gesamtheit bewegt werden können; er erscheint sonach als ein sehr veränderliches bewegliches Organ, das durch die Starrheit seiner Wände die Bahn der gleichfalls elastisch gespannten Luftröhre für die Ab- und Zufuhr der Luft stetig offen erhält. Sein unterstes Stück ist der Ringknorpel (Fig. 36 C), ein vollständiger, fester, wie ein Siegelring geformter Ring, welcher dem obersten Ring der Luftröhre aufsitzt und seine breite Fläche dem Schlund und Rückgrat zuwendet, den schmalen Bogen aber nach vorn kehrt. Ueber dem

vordern Theil des Ringknorpels und durch zwei seitliche Artikulationen mit ihm verbunden lagern die zwei nach vorn in einer senkrechten Kante sich vereinigenden trapezförmigen Platten des Schildknorpels

Fig. 36.



(Th), welcher bei Männern in seiner stärkeren Entwicklung am Hals einen Vorsprung, den sogenannten Adamsbutzen, bildet. An der hinteren Seite dieser Platte, zwischen ihnen und dem breiten Theil des Ringknorpels und den oberen Gelenkköpfchen des letzteren aufsitzen, befinden sich die Giessbeckenknorpel (A), deren Spitzen durch die Santorinischen Hörnchen gebildet werden. Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenartig gestaltete Kehledeckel, der nach hinten überklappen und die obere Oeffnung des Kehlkopfs, die Stimmritze, schliessen kann. Die wichtigsten Organe aber für die Stimm- bildung sind die Stimmbänder, zwei faserig elastische Bänder, welche zwischen den Giessbeckenknorpeln und der innern Wand des Schildknorpels

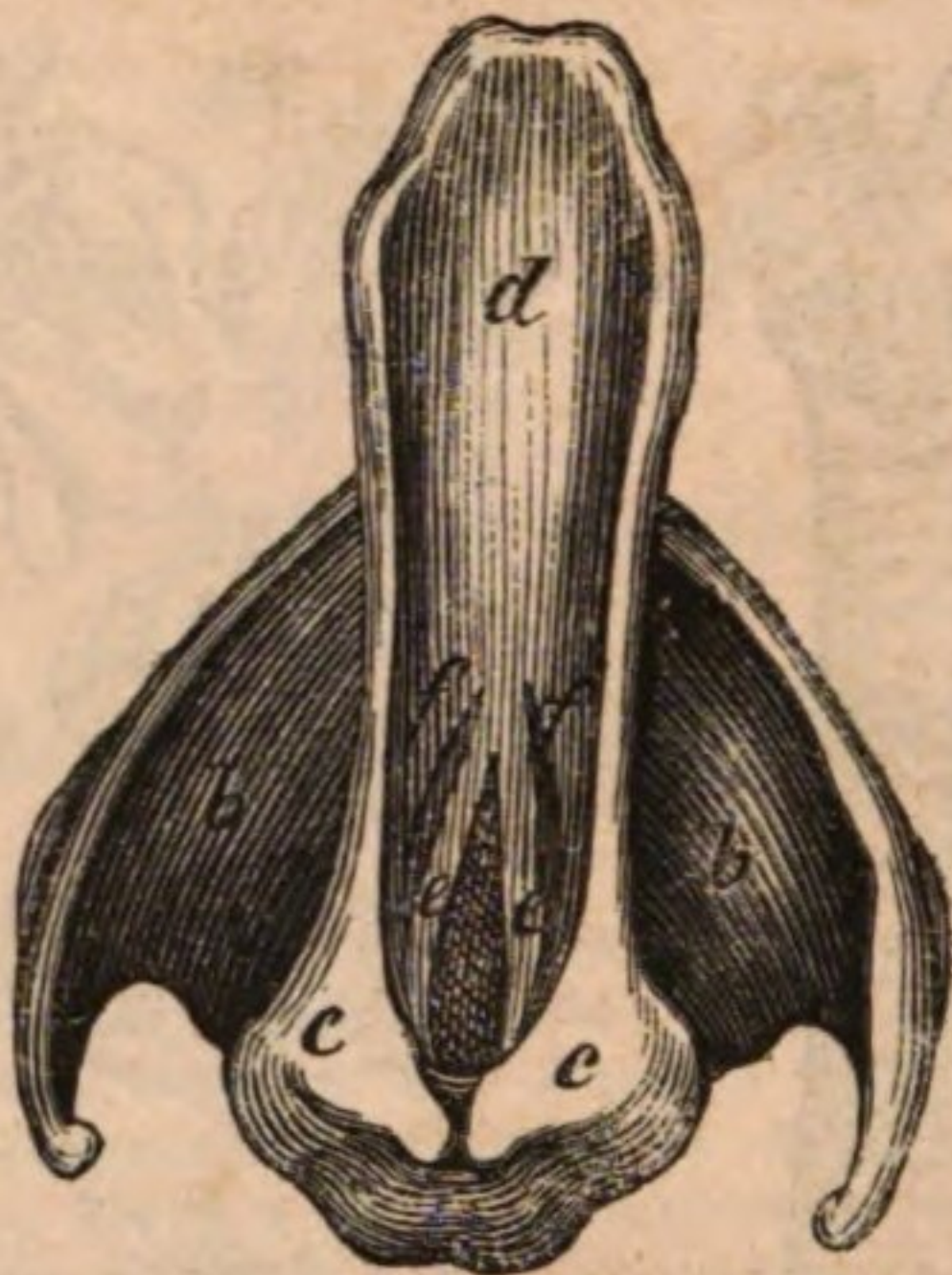
mam-
gitarig

81.118

-11111-

ausgespannt sind, dass sie eine von vorn nach hinten gehende mittlere Spalte (Stimmritze) zwischen sich lassen. Am herausgeschnittenen Kehlkopf (Fig. 37) sieht man die Stimmbänder, welche man auch die

Fig. 37.



unteren nennt, hinter dem aufrechtstehenden Kehlkopfdeckel (d) und zwischen den über dem Ringknorpel a angebrachten Giessbeckenknorpeln c c liegen. Etwas weiter nach oben bemerkt man beiderseits eine weniger stark gegen die Kehlkopfhöhlung vorspringende Schleimhautwulst (ff), die man, ungeeigneter Weise, als oberes Stimmband bezeichnet hat; der zwischen ihm und dem unteren Stimmband gelegene Hohlraum heisst der Morgagnische Ventrikel, dessen Bedeutung darin liegt, dass er der Schwingung des unteren Bands den gehörigen Raum verschafft, während vielleicht das obere dazu dient, dass es die Stärke und den Klang eines Tons durch gleichzeitige Schwingungen unterstützt. Wenn wir in der Folge von den Stimmbändern reden, so sind nur die unteren gemeint, die, gleichfalls von der Schleimhaut des Kehlkopfs überkleidet, an ihrem freien Rande ein elastisches Faserewebe zeigen, aber auch muskulöse Fasern besitzen, welche mit den Schildgiessbeckenmuskeln in Verbindung stehen. Um dieses Umstandes willen, wie auch weil die anderen Kehlkopfmuskeln die Knorpel gegen einander zu verschieben vermögen, lässt sich die Stimmritze erweitern, verengen, am Rande spannen, schlaffmachen u. s. w. — Im natürlichen Zustand ist die Stimmritze die engste Partie des Kehlkopfs; man kann an ihr zwei Theile unterscheiden — einen vorderen, der durch die Stimmbänder begränzt wird und der Stimmbildung dient, und einen hinteren, etwa ein Drittel der Glottisspalte ausmachend, welche sich zwischen den vorderen Fortsätzen der Giessbeckenknorpelbasis befindet und in besonderer Beziehung zur Respiration steht. Die Muskulatur des Kehlkopfs ver-

leiht der Stimmritze eine grosse formelle Veränderlichkeit. Die *M. cricothyrioidei* vermehren, indem sie durch ihre Contraction den Schildknorpel über den Ringknorpel klappen, die Entfernung zwischen den Insertionen der Stimmbänder und sind sonach Tensoren der letzteren. Der *M. arytaenoideus* veranlasst, wenn er auf die äusseren Ränder der Giessbeckenknorpel wirkt, eine Rotation dieser Knorpel in ihrer Ringknorpelartikulation, so dass sie auswärts stehen, und erweitert daher die Stimmritze hauptsächlich in dem zwischen den Giessbeckenknorpeln gelegenen Theil. Die *M. cricoarytaenoidei laterales* rotiren die Giessbeckenknorpel in entgegengesetzter Richtung und sind daher Constrictoren der Glottis. Die *Cricothyrioidei postici*, die hinten am Ringknorpel fixirt sind, wirken als Erweiterer, die *Thyrioarytaenoidei*, welche Fasern in die Stimmbänder schicken, als Spanner. Die Thätigkeit dieser Muskeln tritt am lebenden Menschen immer mehr oder weniger combinirt auf, indem einerseits die Spanner auch als Erweiterer wirken können und andererseits die Glottisspalte verengt sein kann ohne Spannung der Bänder. Wenn z. B. die *Cricothyrioidei laterales* sich allein zusammenziehen, so nähern sich allerdings die Glottisränder; aber die Spannung der Bänder wird in diesem Moment eher vermindert als vermehrt sein, wenn die *Thyrioarytaenoidei* und die *Cricothyrioidei* sich ruhig verhalten; dagegen kann bei der Mitthätigkeit der letzteren die Glottis verschiedene Grade der Erweiterung und Spannung annehmen.

Wir haben somit hier ein Windrohr mit einem äusserst beweglichen und verschiedenen Spannungsgraden zugänglichen membranösen Zungenwerk, in welchem die Stimmbänder ausschliesslich die Erzeuger der Stimme sind; werden diese durch Krankheit oder mechanische Verletzung beschädigt, so geht die Stimme ganz oder theilweise verloren, während, wie experimentativ an Thieren oder gelegentlich bei ungeschickten Selbstmordsversuchen erhoben wurde, Verletzungen oberhalb und unterhalb der Stimmritze keine solche Wirkung üben. Allerdings wird, wenn die Luftröhre ein Loch hat, durch welches die Luft ein- und ausströmen kann, die Hervorbringung von Tönen unmöglich, aber auch alsbald wiederhergestellt, wenn man durch Verschliessung dieser Oeffnung die Luft zwingen kann, durch die Stimmritze zu strömen. Der Beweis lässt sich noch ferner am todten Kehlkopf führen, indem man durch Anblasen von der Luftröhre aus und durch mechanisch bewirkte Modificationen in der Weite der Glottis und in der Spannung der Bänder Töne hervorbringen kann, welche den durch den Luftstrom im lebenden Kehlkopf bewirkten entsprechen.

Ein Ton entsteht dadurch, dass eine Luftsäule mit einer gewissen Energie durch eine enge Oeffnung getrieben und die Begrenzung derselben in Schwingung gesetzt wird. Bei der Stimmbildung geschieht dies gewöhnlich durch den Expirationsstrom. Nach den Untersuchungen mit dem Kehlkopfspiegel steht bei ruhiger Respiration die Glottis nach ihrer ganzen Länge meist offen. Beim Angeben eines Tons richten

sich die Giessbeckenknorpel auf und nähern sich rasch bis zur innigen Berührung; ihre Köpfchen neigen sich unter den Rand des emporragenden Kehldeckels. Hiedurch springen die Stimmbänder stärker hervor. Bei den höchsten Tönen ist die Glottis linienförmig verengt; klappt sie weiter als $\frac{1}{10}$ Zoll, so entsteht kein Ton mehr. Die Eröffnung betrifft aber, wenn ein reiner Ton entstehen soll, nur die vorderen zwei Dritttheile der Stimmritze, während das hintere geschlossen bleibt; man hat daher eine Glottis vocalis und eine Glottis respiratoria unterschieden. — Bei dem einfachen Expirationsdruck entsteht kein Ton; die Luftmenge, welche beim leisesten Ton ausströmt, ist nach Harless grösser, als bei der gewöhnlichen Expiration.

Modificationen der Stimme.

Die von den Lungen ausgetriebene Luft bewirkt im Durchgang durch die Stimmritze den Ton. Dieser ist das Resultat von Schwingungen, die den Molekülen der elastischen Körper beigebracht werden, wenn diese Moleküle unter dem Einfluss einer Erschütterung oder Reibung aus dem Zustand des Gleichgewichts kommen. Zur Perception dieser vibratorischen Bewegungen bedarf es eines besonderen Nerven, des Gehörnerven (ein Tauber kann nur durch das Betasten des schwingenden Körpers eine Vorstellung von dem Ton gewinnen) und eines leitenden Mediums, das durch den Contact mit dem tönenden Körper gleichfalls in Schwingung geräth. Dieses Medium kann ein fester oder flüssiger Körper sein, ist aber gewöhnlich die atmosphärische Luft, welche die Verdichtungs- und Verdünnungsschwingungen des tönenden Körpers aufnimmt und durch wellenförmiges Weitertragen derselben in unserem Gehör die Empfindung des Tons weckt. Ein Ton kann stark oder schwach, hoch oder tief, aber auch dem Klang nach verschieden sein, sofern dieselbe Note, von einem Saiteninstrument gegeben, anders anspricht, als wenn sie durch ein Blasinstrument hervorgerufen wird. Man unterscheidet daher im Ton die Stärke, die Höhe und den Klang (timbre).

1. Tonstärke.

Sie hängt nicht von der Zahl der Schwingungen, sondern von der Stärke des Anschlags, respective des Luftstroms ab, der auf den tönenden Körper geübt wurde, und steht im Verhältniss zu der grösseren oder geringeren Weite der Schwingungsexcursion. In der Musik wird dieses Verhältniss durch die Ausdrücke Pianissimo, Piano, Forte, Fortissimo bezeichnet.

2. Tonhöhe.

Die Höhe eines Tons wird durch die Menge der Schwingungen bedingt, die der tönende Körper in gleichen Zeitabschnitten (einer Sekunde z. B.) vollbringt. Macht ein tönender Körper weniger als 32

Schwingungen in der Secunde, so vernimmt das Ohr keinen Ton mehr, beträgt dagegen die Schwingungszahl mehr als 70,000, so ist zwar noch ein Gefühl des Tons vorhanden, aber es wird rein unmöglich, ihn von einem anderen noch höheren zu unterscheiden. Beide diese Fälle geben die Grenzlinie der für das Ohr noch schätzbaren Tonhöhe an, in deren tieferen Bereich die menschliche Stimme fällt. Der tiefste Ton, den ein menschlicher Kehlkopf zu leisten vermag, hat 80, der höchste 992 ganze Schwingungen, eine Scala, von der wieder nur gewisse Abschnitte auf das Individuum entfallen, sofern eine gute Singstimme nur etwa $2\frac{1}{2}$ Octaven umfasst und 3 bis $3\frac{1}{2}$ Octaven (letzteren Umfang soll die Stimme der Catalani besessen haben) zu den seltenen Erscheinungen gehören. Beim Sprechen hält sich das Tonregister in dem Rahmen einer halben Octave, beim Singen aber bewegt sich die Stimme in der vorangedeuteten Weise weiter und gliedert sich je nach dem Alter und dem Geschlecht des Individuums in die vier Octaven umfassende Hauptabtheilungen: Bass (von e_1 bis a_2), Baryton (von a_1 bis f_3), Tenor (von c_2 bis c_4), Alt (von f_2 bis f_4) und Sopran (von c_3 bis c_5). Bass, Baryton und Tenor gehören dem Mann an, Alt und Sopran sind dagegen Frauen- oder Knaben-, respective Castratenstimmen. In den Uebergang vom Knabenalter zur Pubertät fällt die Periode des Stimmbruchs, oder des Mutirens, während welcher nur unreine Stimmtöne zum Vorschein kommen. Werden in dieser Zeit die Gesangübungen fortgesetzt, so kann die Reinheit der Stimme für immer verloren gehen. Das gleiche findet statt, wenn im höheren Alter der Kehlkopf starrer wird; die bebenden Schwingungen der Theile und die geringe Ausdauer der Muskelkraft geben der Stimme etwas zitteriges, sobald länger anhaltende Töne hervorgebracht werden sollen.

Der wesentlichste Theil des Stimmorgans ist, wie gesagt, die doppelte membranöse Zunge, welche die Glottis umfasst. Die Zahl der Schwingungen, durch welche die Tonhöhe bedingt wird, hängt von verschiedenen Momenten ab:

a. von der Länge der Stimmbänder und ihrer Spannung. Ein vibrierender Körper vollbringt natürlich seine Schwingung in um so kürzerer Zeit, je kürzer er selbst ist. Bei zwei Saiten mit gleicher Spannung steht die Zahl der Schwingungen im umgekehrten Verhältniss zu ihrer Länge. Dasselbe gilt nach den Müllerschen Versuchen auch von den membranösen Zungen. Hindert man die beiden Lippen eines membranösen Zungenwerks, in ihrer ganzen Länge zu vibriren, indem man mit einem den Spalt senkrecht treffenden Körper die Hälfte des Zungenwerks bedeckt, so gibt die freie Hälfte einen Ton an, der um eine Octave höher steht, als der ursprüngliche des ganzen Zungenwerks, folglich noch einmal so viele Schwingungen hat. Daher dann auch die höhere Stimmlage des kleineren Kehlkopfs bei Frauen und Kindern. Eine Verlängerung der Bänder hat begreiflich auch eine stärkere Spannung zur Folge, während eine Verkürzung mit oder ohne Spannung

bestehen kann; die Spannung hat aber wieder ihre Tonhöhensteigerung zur Folge, wie man an mehr oder weniger gespannten gleichlangen und gleichdicken Saiten wahrnimmt, und zwar verhalten sich die Schwingungszahlen wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte. Wenn eine Saite, die durch ein Gewicht von vier Loth gespannt ist, eine bestimmte Note angibt, so tönt sie bei einer Spannung von 16 Lothen um eine Octave höher (doppelte Schwingungszahl). Die Verlängerung der Bänder geschieht hauptsächlich durch die *Mi. cricothyrioidei*, die Verkürzung mit gleichzeitiger Spannung durch die *Mi. thyrioarytaenoidei*, die Verkürzung ohne Spannung durch die *Mi. cricoarytaenoidei laterales* (in beiden letzteren Fällen unter Mitwirkung der *Mi. arytaenoidei*, welche die *Glottis respiratoria* zum Verschluss bringen). Durch die Spannungsveränderung lassen sich am ausgeschnittenen Kehlkopf Variationen im Umfang von zwei Octav erzielen; treibt man die Spannung noch höher, so entstehen unangenehm pfeifende oder schreiende Laute. Bei ungleicher Spannung der beiden Bänder wird gleichwohl in der Regel nur ein Ton hervorgebracht.

b. von der Breite der Stimmbänder. Von gleichlangen Saiten tönt die dickere tiefer (hat eine niedrigere Schwingungszahl). Dieser Moment kömmt hauptsächlich bei der Stimmlage des unentwickelten und weiblichen Kehlkopfs in Betracht.

c. von der Stärke des Luftstroms. Diese ist natürlich ein wichtiges Moment für die Spannung; doch kann man am ausgeschnittenen Kehlkopf durch stärkeres Anblasen auch bei einer geringeren Spannung einen höheren Ton hervorbringen.

d. von der Hebung und Senkung des Kehlkopfs. Letzterer steigt bei hohen Tönen in die Höhe und senkt sich bei den tiefen. Kehlkopf und Luftröhre erhöhen oder verlieren dabei ihre Spannung und beeinflussen damit die Tonhöhe.

Die Weite der Stimmritze hat, sobald sie eng genug ist, um einen Ton entstehen zu lassen, keinen Einfluss auf die Tonhöhe.

3. Klang.

Dieselbe Note, von einem Saiteninstrument und von einem Blasinstrument oder von einer Männer- und einer Frauenstimme angegeben, spricht verschieden an. Die beeinflussenden Momente sind noch nicht in ihrer Ausdehnung erforscht; doch lassen sich einzelne auf die Art der Schwingung und auf die Beschaffenheit der Resonanzapparate zurückführen.

Art der Schwingung. Bei gleichbleibender Spannung und Länge kann dieselbe Saite den gewöhnlichen Ton und den Flageoletton angeben. Letzterer ist der höhere, und fällt diese Erscheinung mit der Registerdifferenz zusammen; allein diese Höhe wird nicht durch den stärkeren Impuls (Strich), wie man glauben sollte, sondern vielmehr durch den schwächeren bedingt, während zugleich der Klang ein anderer geworden ist. In der Zwischenlage kann ein mensch-

licher Kehlkopf dieselbe Note mit der Bruststimme und mit der Kopfstimme (im Falsett) angeben. Der Klang ist in beiden Fällen verschieden, und die Differenz wird dadurch bewirkt, dass beim Falsett nicht die ganzen Stimmbänder, sondern nur ihre Ränder oder ihre vorderen Hälften schwingen. Diday und Petrequin erklären diesen Vorgang anders. Im Moment, in welchem sich die Fistelstimme bildet, versetzen die Muskel in den Stimmbändern letztere in einen Zustand solcher Spannung, dass sie nicht nach Art eines Zungenwerks schwingen können. Die Stimmspalte gleicht dann einem Loch in der Flöte, und wie in der Flöte werde der Ton nicht durch die Schwingung der Ränder, sondern durch die Luftschwingung selbst hervorgebracht.

Zu den Resonanzorganen gehören Brustkorb, Lunge, Kehlkopf und das über dem letzteren gelegene Ansatzrohr (Schlundkopf, Mund und Nasenhöhlen, ja selbst die Schädelknochen, wie man sich durch Auflegen der Hand überzeugen kann). Die Geräumigkeit und Elasticität dieser Theile, desgleichen die Muskelkraft, sind von Einfluss auf den Klang. Männer-, Kinder- und Frauenstimmen klingen, abgesehen von der Tonhöhe, verschieden, sogar bei den einzelnen Individuen in einem Grade verschieden, dass man häufig Personen, die man lange nicht gesehen, besser an dem Klang ihrer Stimme, als an ihrer Gesichtsbildung wieder erkennt. Das Starrerwerden der Kehlkopfkorpel und die Muskelschwäche bedingt den zitterigen, schmetternden Klang der Greisenstimme. Eine Klangdämpfung kann durch Niederdrücken des Kehlkopfs erzielt werden. Der Nasenklang entsteht, wenn sich die vibrirende Luft in den Nasengängen verfängt. Die klare Bruststimme ist vom Schwingen der Brust begleitet. Der verhüllte Klang soll nach Segond dadurch entstehen, dass sich der Kehlkopf sehr tief stellt und daher vom ganzen Schlund überwölbt wird; bei der Entsendung des Tons nähert sich nun das Gaumensegel leicht der Zungenbasis, so dass der Ton, obschon er durch den Mund entweicht, noch an der oberen Partie des Schlunds unter dem Hinterhauptbein resoniren muss.

Die Sprache

ist die artikulierte Stimme. Das Stimmorgan selbst bringt nur den höheren oder niederen, stärkeren oder schwächeren Ton hervor; die Modification dieser Töne zum Wort, zur Sprache, geschieht durch gewisse Veränderung in den über dem Kehlkopf gelegenen Theile des Sprachrohrs. In den Elementen der Wortbildung unterscheidet man die Vocale und Consonanten.

Die Vocale

oder Selbstlaute sind einfache Töne (im Flüstton Hauche), welche gewissermassen schon durch die Stimmorgane selbst präformirt erscheinen, indem ein tiefer Ton wie u, ein hoher wie i anspricht; doch er-

leiden sie ihre Hauptmodification durch leichte Veränderungen im Ansatzrohr. Der natürlichste Ton, der bei mässiger Oeffnung der Mundhöhle, Kinnladen und Lippen vom Larynx hervorgebracht wird und am leichtesten geht, weshalb man ihn auch für den Gesang ohne Worte benützt, ist das a. Bringt man sodann, ohne die Kinnladen zu verrücken, die Lippen etwas näher und verlängert durch ein Verschieben derselben das Stimmrohr, so wird der Laut allmählig zum dumpfen a, zum dumpfen o und zum offenen o. Bringt man den Mund wieder in die Stellung des a und nähern sich die Kinnladen und Lippen fast bis zur Berührung, so erhält man die Laute ö, u und ü. Geht man wieder von dem a aus, um die Zunge gegen das Gaumengewölbe zu erheben und so allmählig mehr und mehr das Stimmrohr zu verkürzen, so bildet sich ae, e und i.

Die Consonanten

oder Mitlauter entstehen meist durch Hemmung der zur Aussprache der Selbstlauter bezweckten Luftströmung, indem diese entweder durch verengerte Stellen streichen oder, von einer verschlossenen gebrochen, sich einen Ausweg bahnen müssen. Diese Hemmungen werden von den Zusammenziehungen und Stellungen der Organe des Ansatzrohrs bewirkt, und die Glottis ist nur bei einem einzigen Laute, dem h betheiligt, das ein einfacher Expirationslaut ist. Sonst unterscheidet man die Continuae und die Explosivae.

Für die Continuae ist nur eine Bewegung nöthig. Der Mund wird geschlossen, und die Resonanz geht durch die Nase — m und n. Die Lippen verengen sich wie zum Blasen und hindern den Durchgang — f, v, w. Andere Durchgangshemmungen geschehen durch das Anlegen der Zungenwurzel an den Gaumen — ch, durch Vibriren der aufwärtsgekrümmten Zunge — r, durch Hebung der Zungenspitze gegen die mittlere Gaumenpartie — sch, durch Anlegen der Zungenspitze an die vordere Gaumenspitze oder den Oberkiefer — l, durch Anlegen der Zunge an die untern Zähne — s.

Die Explosivae fordern zwei verschiedene Bewegungen. Bei g, k und q legt sich im ersten Moment die Zungenwurzel an den Gaumen, im zweiten folgt die Oeffnung. Bei d und t legt sich die Zungenspitze vor der Oeffnung an die obere Zahnreihe oder den vorderen Gaumen. Bei b und p werden die Lippen geschlossen und geöffnet. Z ist ein t Laut mit darauf folgendem s.

Besondere Arten des Sprechens.

Flüstern. Wir können sprechen, ohne dass die Glottis einen Ton dazu gibt. Die Consonanten bilden sich dabei in derselben Weise, wie bei der lauten Sprache, die Vocale aber dadurch, dass die in verschiedene Gestalten gebrachte Mundhöhle durch den einfachen Expirationsstrom angeblasen wird. Dadurch entstehen Geräusche, in denen man bei einiger

Aufmerksamkeit, namentlich bei Vergleichung mehrerer Vocale, bestimmte Tonhöhen unterscheidet; sie stimmen bei verschiedenen Personen für denselben Vocal auffallend überein und lassen sich in einer Klaviernote angeben, wesshalb man sie auch die Eigentöne der angeblasenen Mundhöhle nennen kann. Noch deutlicher sind diese Töne zu erkennen, wenn man angeschlagene Stimmgabeln vor die für den Vocal eingestellte Mundhöhle bringt; trifft man gerade die Stimmgabel, deren Grundton mit dem Ton der Mundhöhle übereinstimmt, so wird die Stimmgabel durch die resonatorische Verstärkung hörbar. Daraus erklärt sich auch, dass man eben so gut beim Inspirationston flüstern kann, während das laute Sprechen unter derselben Bedingung sehr schwer vor sich geht, keinen reinen Ton liefert und demselben nach Höhe und Klang eine andere Beschaffenheit verleiht.

Das Stottern geht aus einer zweckwidrigen Gebrauchsart der Sprachwerkzeuge hervor. Krankhafte Stösse und unpassende Einstellungsweisen bilden den sichtlichen Erfolg des Widerstreits zwischen Willen und Leistung. Manche Laute versagen eine Zeit lang gänzlich; andere werden zu oft wiederholt, bis endlich das beabsichtigte Wort mit einem explosionsartigen Stosse hervorkömmt. Die Ursache des Fehlers liegt fast immer in den centralen Nervengebilden, welche die Stimmwerkzeuge beherrschen. Verlegenheit, Schreck, Furcht, Nachahmung, selbst blosser Affectation kann zu Stottern führen und ein grösseres Selbstvertrauen dasselbe bewältigen. Ein kräftiger Wille, eine passende Erziehung oder eine erhöhte Geistesenergie, die sich oft im Lauf der Jahre von selbst findet, beseitigen häufig genug das Stottern. Vorrichtungen, durch welche die Zunge in bestimmten Stellungen eingezwängt wird, oder die Durchschneidung des *M. genioglossus* gehören nicht zu den rationell begründeten Heilmitteln.

Die Sprache der von Geburt aus Tauben verdankt ihre Eigenthümlichkeit nicht einer fehlerhaften Organisation der Sprachorgane. Sie sprechen nicht, weil sie wegen Gehörmangels keine Vorstellung von dem ordnungsmässigen Schall haben, und wenn man sie auch künstlich auf die für die Sprachbildung erforderliche Einstellung des Ansatzrohrs einüben kann, so wird doch nur eine langsame, von Uebertreibung begleitete Wirkung erzielt, welche den an eine solche Sprechweise nicht Gewöhnten nur schwer verständlich erscheint. Erwachsene, die vollkommen taub geworden, verlernen bisweilen im Lauf der Jahre ihre Sprache, so dass sie nur noch einzelne Worte reden können und sich im ganzen wie Taubstumme verhalten.

Das Bauchreden ist eine eigenthümliche Dämpfung der Sprache, so dass sie aus der Ferne zu kommen scheint. Dies soll dadurch bewirkt werden, dass die Bauchredner sich beim Sprechen des Inspirationsstroms bedienen, wodurch allerdings ein gewisser hohler, aber zugleich rauher Klang erzielt wird, dessen Beseitigung durch Kunst nicht klar erscheint. Müller

ist der Ansicht, der Bauchredner fülle die Brust mit Luft, bis die Baueingeweide vorwärts gedrängt sind, und lasse dann die Luft unter dem Einfluss von Brustwandcontractionen langsam durch die sehr verengte Glottis entströmen. Geschickte Bauchredner täuschen unsere Sinne, indem sie die Aufmerksamkeit einer Stelle zuwenden, aus deren Richtung wir die Töne zu vernehmen meinen; sie bedecken meist das Gesicht, um dem Beobachter das auf demselben vorgehende Muskelspiel zu verbergen.

Man hat wiederholt versucht, den Mechanismus der Sprache durch Sprechmaschinen nachzubilden. Den Bemühungen von Kempelen und Krazenstein ist es gelungen, Automaten herzustellen, welche deutlich gewisse Sätze aussprachen. Der neueren Zeit gehört der Fabersche Automat an; die Figur, deren Laute durch eine Klaviatur angegeben werden, redet rasch und deutlich in den verschiedensten lebenden Sprachen und hat ein Register von zwölf Gesangtönen. Die mannigfachen Tonhöhen werden durch den Breitenwechsel der Stimmspalten, nicht durch die Variation in der Spannung der Kautschuckzungen hervorgebracht.

Drittes Kapitel.

Functionen des Nervensystems.

A. Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems.

Das Nervensystem ist das Directionsorgan, unter dem alle Lebensprocesse der höher organisirten Thierwelt, die des animalischen Lebens sowohl, als die des vegetativen vor sich gehen. Unter seiner Vermittlung vollziehen sich unsere intellektuellen Thätigkeiten, empfinden wir die Eindrücke der Aussenwelt und folgt dem Gebot unseres Willens die Bewegung; unter seinem Einflusse geschehen die ohne Betheiligung unseres Willens und Bewusstseins vor sich gehenden Acte der Aneignung, Absonderung, Saftbewegung, kurz des Stoffwechsels überhaupt. Nach der Verschiedenheit dieser Thätigkeit, der auch ein anatomisches Motiv zu Grund liegt, haben Bichat und nach seinem Vorgang viele neuere Physiologen das Nervensystem in zwei Systeme, ein animales und ein vegetatives geschieden, von denen der Complex des einen (auch das cerebropspinale genannt) den von uns zuerst genannten Thätigkeiten vorsteht, während dem anderen, das man auch das sympathische, organische, splanchnische oder Gangliensystem nennt, die Leitung der Actionen des Stoffwechsels und der damit verbundenen unwillkürlichen Bewegung zufällt. Allerdings dürfen wir bei dieser Gliederung an keine strenge Scheidung weder im anatomischen noch im physiologischen Sinn denken; denn beide greifen vielfach ineinander über, verbinden sich häufig durch Fasernaustausch und sind in sofern von einander abhängig, als das vegetative Nervensystem einen grossen Theil seiner Elemente aus dem animalen bezieht und bei den niederen Wirbelthieren ganz und gar durch das letztere vertreten werden kann, wie denn auch physiologischerseits der Einfluss des animalen

Systems auf die vegetativen Prozesse in vielen Einzelheiten zu Tage tritt.

An beiden Systemen unterscheidet man ferner einen centralen und einen peripherischen Theil. Im animalen System bilden Gehirn und Rückenmark die centrale Partie, während die peripherische durch die weissen, weichen, strang- und fadenförmigen Ausläufer, welche die Verbindung der Organe mit den Centraltheilen herstellen und Nerven heissen, vertreten wird. — Weniger einfach verhält sich die Centralpartie des vegetativen Systems; sie zerfällt in verschiedene durch den ganzen Körper vertheilte rundliche oder eckige Massen von grauer Substanz (Nervenknoten oder Ganglien), welche den betreffenden Nerven als Sammel- und Ausgangspunkte dienen.

Anatomisches Verhalten des Nervengewebes.

Die Elemente, welche die beiden Arten von Nervensystem bilden, constituiren unter Vermittlung einer homogenen klebrigen Bindesubstanz (Nevroglia oder Nervenkitt) das Nervengewebe und lassen bei microscopischer Untersuchung einen faserigen und einen zelligen Bau unterscheiden.

1. Die Nervenfasern.

Gehirn- und Rückenmarksnerven. Sie zeigen sich überall als Bündel zahlreicher sehr feiner Fasern, der Primitivfasern, welche ohne Unterbrechung vom Ursprung bis zum Ende des Nerven laufen, an Dicke weder zu- noch abnehmen (nur gegen das Ende hin gehen die dickeren in feinere über), und durch ähnliche Scheidenbildungen, wie die Muskelfasern, zu grösseren Bündeln und schliesslich zum Nervenstamm vereinigt werden. Der Durchmesser der Primitivfaser wechselt zwischen 0,0006—0,0085''; in den Nerven der Sinnorgane und in den Empfindungsnerven zeigen sie den feineren Bau, obschon auch in anderen Nerven Primitivfasern von verschiedener Dicke vorkommen. Sie bestehen aus einer durchsichtigen, strukturlosen Scheide, welche eine während des Lebens öligflüssige, fettreiche Substanz, das Mark, und im Centrum einen eiweissartigen, ziemlich festen elastischen Faden, den Achsencylinder, umschliessen. Im todten Körper geht die flüssige Marksubstanz bald eine Veränderung ein; sie gerinnt, zieht sich stellenweise von der Scheide zurück und erhält dadurch das knopfige variköse Aussehen, das man vordem für das normale gehalten hat und von dem Fig. 39 im Gegensatz von Fig. 38 (normales Aussehen von Fibrillen) eine Anschauung gibt. An den dickeren Nervenröhrchen geht die Decomposition der Marksubstanz so weit, dass sie die feine Hülle sprengt, hervorquillt und sich sogar ablöst (Fig. 40). Der Achsencylinder wird erst beim Gerinnen und Trübwerden des Marks oder auf Einwirken von Reagentien (Chronsäure u. s. w.) innerhalb des Marks als lichte, bandartige Faser unterscheidbar (Fig. 41). Nicht überall sind indess Hülle, Mark und Achsen-

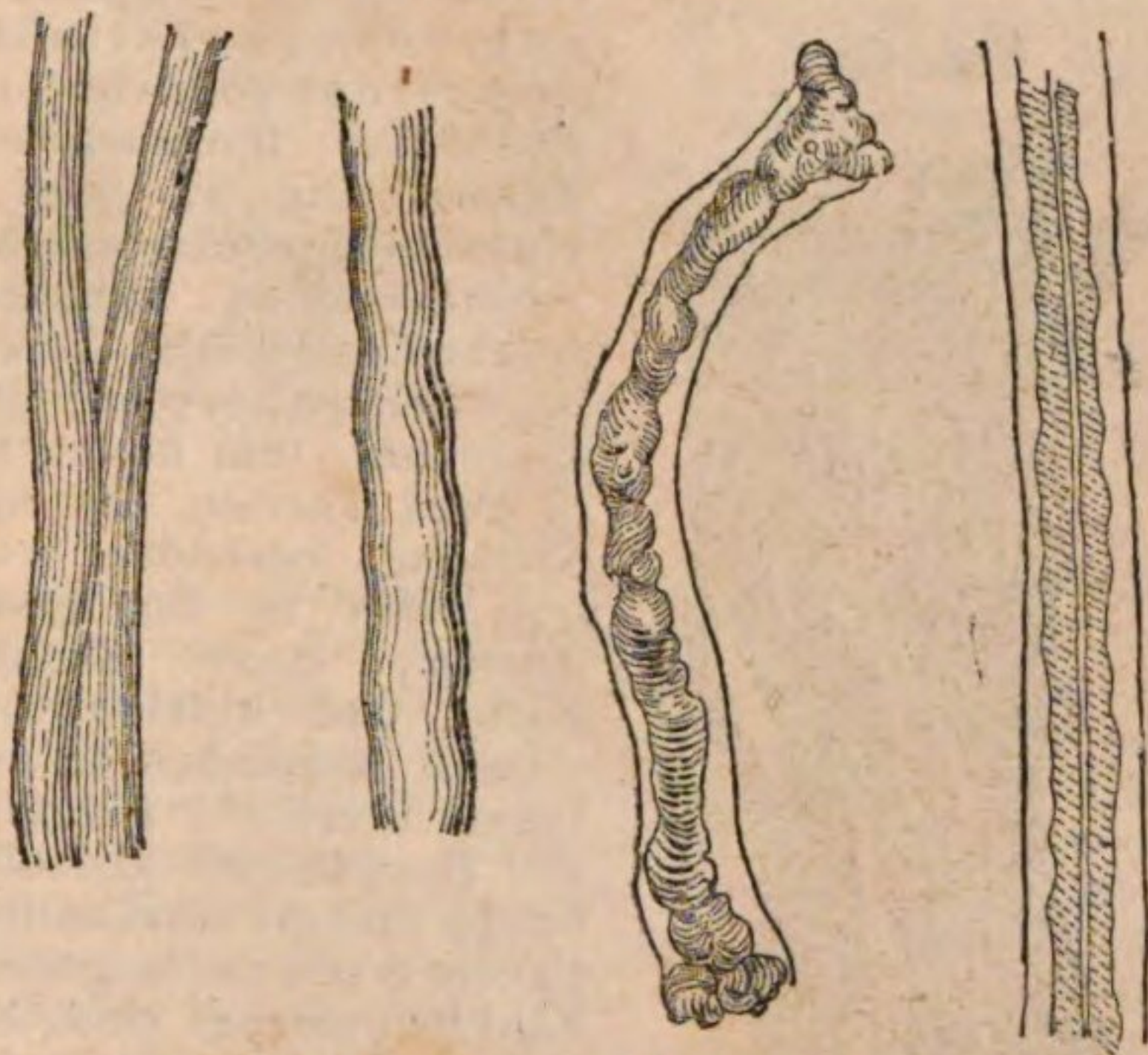
cylinder vorhanden, denn man sieht häufig die Marksubstanz geschwunden, so dass die Hülle unmittelbar dem Achsencylinder anliegt (blasse oder marklose Nervenfasern). Man findet letztere namentlich an den

Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 40.

Fig. 41.



Endausbreitungen einiger Nerven (Riech- und Hornhautnerven), wo die dunkelrandigen markhaltigen Fasern zuletzt in blasse auslaufen, ferner an den Ursprüngen der Markfasern aus den Nervenzellen, deren Fortsetzung sie darstellen, und endlich in den Anhäufungen der zelligen grauen Masse, in denen man auch die Primärfaser sich theilen und mit den Zellenausläufern ein Netzwerk bilden sieht. — Eine formelle Verschiedenheit von der gewöhnlichen Fibrille zeigen die weissen Fasern in der weissen Substanz des Gehirns und Rückenmarks, desgleichen in den Riech-, Seh- und Hörnerven; sie bestehen aus Hülle, Mark- und Achsencylinder, von denen letzterer schwer darzustellen ist, und übertreffen an Feinheit die gewöhnlichen Fibrillen. Durch die Gerinnung des Marks gewinnen sie nie eine doppelte Contour, wie in Fig. 40 u. 41, sondern werden perlschnurartig mit einfachen Rändern. Diese Gestalt nehmen sie so rasch an, dass man lange der Meinung war, sie zeige das normale Verhalten der frischen Fibrille. — Es ist auch von R. Wagner eine sogenannte hüllenlose (bloss aus dem Achsencylinder bestehende) Nervenfaser angezeigt worden, die sich durch ihre Blässe auszeichnet und sich hauptsächlich beim Heraustreten aus einer Ganglienzelle bemerklich macht. Wahrscheinlich ist sie nichts anderes, als eine sehr dünnhüllige marklose Faser. Bildete der hüllenlose Achsencylinder die nächste Fortsetzung der Zelle, so hätte man letztere nur als eine Anschwellung des Achsencylinders zu betrachten.

Im vegetativen System findet sich noch eine Art Nervenfaser, deren Dignität als solche noch nicht allgemeine Anerkennung gefunden hat, sondern

einigen Physiologen nur als Bindegewebsfaser angesehen wird. Sie scheint der marklosen verwandt, wo nicht mit ihr identisch zu sein und erscheint als blasse, durchsichtige, leichtstreifige oder granulirte Fibrille, in deren Scheide zahlreiche, meist längliche oder spindelförmige Kerne in ziemlich gleichen Abständen auf-

Fig. 42.



sitzen. Sie heissen auch organische, gelatinöse, gangliöse oder von ihrem Entdecker Remaksche Fasern (Fig. 42 zeigt in einem sympathischen Nervenstämmchen zahlreiche solche Fasern b b, die zwei markhaltige Nervenröhren a umgeben). Sie finden sich in allen Theilen des Sympathicus, besonders reichlich aber in den grauen Aesten, deren dunklere Farbe und weichere Consistenz hauptsächlich von ihnen herrührt, indem sie die Hauptmasse derselben bilden und die markhaltigen Fasern ihnen nur in geringer Zahl beigemischt sind. Nerven, welche durch gewisse physiologische Zustände der Organe, in welchen sie vorkommen, an Masse zunehmen, die Nerven des schwangeren Uterus z. B., verdanken ihre Fasernvermehrung

nur einer numerisch wachsenden Entwicklung der grauen Fasern.

2. Die Nervenzellen

sind runde, ovale oder birnförmige, öfters auch eckige, meist plattgedrückte kernhaltige Zellen von 0,003 bis 0,050'' Durchmesser, die, in grössern Massen angehäuft, hauptsächlich in den Ganglien (daher auch Ganglienzellen) und in der grauen Substanz des Gehirns und Rückenmarks vorkommen. Jede Zelle besteht aus einer feinen strukturlosen Umhüllungsmembran, welche sich in die Hülle der aus der Zelle hervorkommenden Primitivfaser fortsetzt (soll bisweilen auch fehlen, cfr. etwas weiter oben die R. Wagnersche hüllenlose Nervenfasern), einem an der Zellenwand anliegenden Kern mit einem oder zwei Kernkörperchen und einem zwischen Hülle und Kern befindlichen granulirten blassen oder pigmentirten Inhalt. Diese Zellen sind, wie in Fig. 43, bald isolirt, bald mit Ausläufern versehen, die sich in markhaltige Fibrillen oder in Remaksche Fasern fortsetzen; einzelne Fortsätze einer Zelle verbinden sich auch häufig mit denen einer zweiten. Der Zahl dieser Fortsätze verdanken sie die Bezeichnung unipolare, bipolare und multipolare Zellen. Die isolirten, auch insulare

genannt, finden sich sehr zahlreich in allen Ganglien, könnten aber, was bei so zarten Gebilden wohl möglich, Dissectionsprodukte sein.

Fig. 43.



Kölliker widerspricht dem allerdings und erklärt ihr Auftreten für ein so constantes, dass man eher die Frage stellen dürfe, ob es überhaupt ein Ganglion gebe, in dem nicht insulare Zellen vorkommen. Möglich, dass die apolaren Zellen junge Bildungen sind, an denen sich die Fortsätze noch nicht entwickelt haben; man hat hierüber so wenig Sicherheit, als über die etwaige Bedeutung solcher isolirten Gebilde. Unipolare Zellen kommen in den

Ganglien des Sympathicus vor, bipolare in den Spinalganglien und die multipolaren vorzugsweise in der grauen Substanz des Gehirns und Rückenmarks, indem nach dem Erfund der Dorpater Schule jede ausser ihren anastomotischen Ausläufern mit einer für das Gehirn bestimmten, einer sensitiven und einer motorischen Fibrille communicirt. Man will auch die Entdeckung gemacht haben, dass die Form und Grösse der Zellen in Beziehung stehe zu ihrer physiologischen Bedeutung. Nach Jacobowitsch besitzen die Bewegungszellen bei ansehnlicherer Grösse viele und starke Fortsätze und folgen vornämlich dem Lauf der vordern Hörner der grauen Spinalsubstanz bis ins Gehirn, wo man sie auch im kleinen Gehirn und in den Vierhügeln, nicht aber in der Medulla oblongata findet; die Empfindungszellen dagegen sind viel kleiner, spindelförmig, besitzen meist drei, nie mehr als vier feine Ausläufer und ziehen sich in den hintern Hörnern der grauen Rückenmarksubstanz dahin.

Man findet Nervenzellen isolirt oder in so geringer Menge, dass sie nur durch das Microscop unterscheidbar sind, an den Nervenfäden des Herzens, der Zunge und des Magens. In den peripherischen Ganglien kommen sie gehäuft und theils mit wirklichen Nerven, theils mit Zellenscheiden gemengt vor; im Gehirn und Rückenmark dagegen treten sie sehr massenhaft auf, sind viel zarter und sollen keine Scheide besitzen. Nach den Untersuchungen von Bidder und Kupfer sind viele Zellen der grauen Rückenmarksubstanz nur Bindegewebskörperchen mit Ausläufern von elastischen Fasern, so dass also die Zahl der Nervenzellen und Fibrillen viel geringer wäre, als bisher angenommen wurde.

3. Ursprung, Verlauf und Ende der Primitivnervenröhrchen.

Die Nervenröhrchen bilden die weisse Substanz in Gehirn und Rückenmark und die der Nervenfäden. Im Gehirn tritt die weisse Substanz massenhafter auf, als im Rückenmark, und die Summe der Primitivröhrchen in der Gesamtheit der Empfindungs- und Bewegungs-

nerven ist viel grösser als diejenige, welche vom verlängerten Mark aus ins Gehirn über-, respective von demselben wieder zurückgeht. Wir haben desshalb den Ursprung der Primitivröhrchen nicht bloss im Gehirn, sondern auch anderwärts zu suchen. Im ersten hat man schlingenförmige Anfänge vermuthet; sie sind übrigens anatomisch nicht nachgewiesen, und da man sie vielfältig an die Fortsätze der die graue Substanz bildenden Nervenzellen-Röhrchen sich anreihen sieht, so wird man wohl ihren Ursprung in dieses zellige Element verlegen müssen. Ueberhaupt sieht man die Fasern der Nervenwurzeln nirgends sich umbiegen, um direct in der weissen Substanz des Marks sich zum Gehirn fortzusetzen, und die Fibrillen des Rückenmarks sind nur in sofern eine Fortsetzung der Fasern der Nervenwurzeln, als die Zellen der grauen Substanz, in welche diese Wurzeln eingehen, vermittelnde Bindeglieder bilden. Faserursprünge ausserhalb der Zellen kennt man nicht. Aus welcher Zelle und aus welchem Fortsatz einer Zelle jede einzelne Faser entspringt, wird wohl ewig unbekannt bleiben. Ein hartes, aber wahres Urtheil über die Zukunft der microscopischen Neurotomie! seufzt Hirtl. Allein wäre an einem Individuum auch jede Faser auf ihren Ursprung zurückgeführt, so hätte man damit das Geheimniss der verschiedenen Reizempfänglichkeit, welche sich an den verschiedenen Individuen kundgibt und eben einen wichtigen Zug ihrer Individualität ausmacht, nicht gelöst. Wie wir an zwei Blättern desselben Baums die sogenannten Venen und Nerven zwar nach einem allgemeinen Aehnlichkeitstypus, aber dennoch bei sorgfältiger Betrachtung ganz anders verlaufen sehen, so werden wir auch nicht annehmen können, dass bei verschiedenen Individuen die Zahl der Ganglienzellen sowohl, als die ihrer Ausläufer und die Art ihrer Verbindung mit anderen stets dieselbe ist, um so weniger, da schon die Vertheilung der grauen und weissen Masse in den Gehirnen, wie sie die vergleichende Beobachtung ergibt, einer solchen Annahme widerspricht. — Von den Zellen gehen die Primitivröhrchen als marklose Fasern aus, die bald zu markhaltigen werden und in Verbindung mit anderen, die sich an sie anlegen, für sich aber stets isolirt bleiben, mit gleichförmiger Dicke, ohne sich auf ihrem Wege zu spalten oder Anastomosen einzugehen, bis zu ihrem Endbezirk verlaufen. Wo bei der Präparation Verästelungen oder Anastomosen sich bemerklich machen, werden diese einfach dadurch vollbracht, dass im Verlauf da und dort an einem Nervenstrang eine gewisse Summe von Primitivröhrchen sich ablöst u. s. f., bis sie zuletzt als einzelne Röhrchen das peripherische Gewebe erreichen (Verästelung); oder der abgelöste Bündel tritt mit einem andern zusammen, um neben demselben in gleicher Scheide eine Strecke weiter zu gehen. Ausser den bis zu ihrem peripherischen Ende ununterbrochen verlaufenden Primitivröhrchen gibt es übrigens noch andere, welche die Nervenzellen des Gehirns unter einander in Verbindung bringen, dergleichen solche, die, ohne zum Gehirn aufzusteigen, das Rückenmark nur streckenweise durchsetzen und

durch ihre Endzellen eine eintretende Fibrille mit einer austretenden in Communication bringen. Auch in den Ganglien bemerkt man, dass ein Theil der durch einen Nervenstrang ihnen zugeführten Primitivröhrchen mit den Ausläufern ihrer Zellen sich verbindet, während eine andere Partie weiter zieht, ohne mit den Ganglienzellen zu communiciren. Die Bedeutung einer einfachen Zellencomissur dürfte auch der Remakschen Nervenfaser zukommen.

Was wir von der stets gleichbleibenden Dicke der Primitivfaser und ihrem unverästelten Verlauf sagten, gilt nicht von den marklosen Fasern in den grauen Gehirn- und Rückenmarksmassen und in den Ganglien, wo sie als Primitivfäden Spaltungen und Anastomosen eingehen, welche die Zellen zu einem Netzwerk verstricken, und eben so wenig von ihrem Verhalten in ihrem Endbezirk, wo sie zur marklosen Faser geworden ist und sich häufig in immer feinere und feinere Fasern auflöst, die mit ihren Nachbarn anastomosiren. Das ist die regelmässige Endigung aller Muskelnerven; aber auch in den sensitiven Nerven sind ähnliche Verästelungen wahrgenommen worden. Endigungen in Schlingen, von denen man lang geträumt hat, scheinen nicht zu bestehen; dagegen will man eine kolbige Verdickung des Achsencylinders ohne weitere Ausstrahlung zwischen den Epithelzellen der Riechschleimhaut und der Zunge wahrgenommen haben; als ein ähnliches Verhältniss werden die stabförmigen Körperchen der Netzhaut und die Terminalzellen der Gehörnerven aufgefasst. Am beliebtesten sind zur Darstellung der Nervenenden die sogenannten Pacinischen oder Vaterschen Körperchen geworden, die man bei Menschen und Säugethieren bis jetzt bloss an den Hautnerven der Handfläche und Fusssohle, am N. cruralis und Plexus sacralis, in den Unterleibsgeflechten und den Nerven der männlichen Geschlechtstheile, sowie am Mesocolon und Mesenterium der Katzen gefunden hat. Die physiologisch nicht aufgeklärten, fast durchsichtige ovalen Gebilde von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ '' Durchmesser bestehen aus etwa fünfzig gleich Zwiebelhäuten über einander lagernden Hüllen, zwischen welchen Flüssigkeit enthalten ist, und sind mit einem Stiel versehen, durch welchen neben einem Capillargefäss eine Nervenprimitivfaser ins Innere dringt. Diese Faser zeigt nach ihrem Eintritt den Charakter einer marklosen, die sich plötzlich fast zur Feinheit eines Achsencylinders verdünnt, und endigt entweder mit einer einfachen knopfförmigen Anschwellung, oder theilt sich gabelförmig, um mit kleineren Knöpfchen aufzuhören. Allerdings hat die Bedeutung des Endkolbens als Nervenmasse durch Krause und Sohn Anfechtung gefunden. Wenn man nämlich ein Nervenstück ausschneidet, so geht der peripherische Strang nach einiger Zeit durch Fettmetamorphose unter, und als die gedachten Forscher eine solche Excision am N. ulnaris eines Affen vornahmen, fanden sie einige Zeit nachher die Kapseln und den Innenkolben der Pacinischen Körperchen am kleinen Finger unverändert, während die eintretende Nervenfaser fettige Entartungen zeigte; die Terminalfaser verrieth sich

nur durch einzelne unregelmässige, reihenförmig geordnete krümmliche Haufen von Fettkörnchen, woraus sich die Folgerung ergibt, dass zwar die Terminalfaser, nicht aber der Endkolben nervöser Natur ist.

Chemische und physikalische Verhältnisse des Nervengewebes.

Constituentia.

Die Nervensubstanz besteht aus einer weichen, weissen oder graulichen Masse, in welcher das Wasser $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$, bei jungen Menschen oder Thieren noch mehr ausmacht; die graue Substanz ist reicher an Wasser als die weisse. Die übrigen Bestandtheile sind eiweissstoffige Substanzen (in der weissen Substanz zu 10, in der grauen zu $7\frac{1}{2}$ %), Fette, Extractivstoffe und unorganische Substanzen. Die Fette sind ausser Olein, Margarin und Cholestrin — die Cerebrinsäure und Oelphosphorsäure, welche man in einer Art Verseifung mit Natrum und Kalkphosphat vorfindet. In der weissen Substanz findet man das Fett gleichfalls massiger vertreten, als in der grauen (1,9 : 1,5 %). Der Phosphor ist hauptsächlich an die Oelphosphorsäure gebunden und scheint im Verhältniss zur Energie der Nervenfunctionen zu stehen, durch die er wahrscheinlich oxydirt wird, um schliesslich in phosphorsauren Umsatzprodukten durch die Nieren auszuscheiden. Die Gehirnmasse zeigt einen besondern Reichthum an Phosphorsäure und Phosphaten. Das Verhältniss der Gehirnbestandtheile gliedert sich nach Umständen, wie folgt:

	Kinder.	Erwachsene.	Greise.	Blödsinnige.
Wasser . . .	82,8	72,5	73,9	70,9
Eiweiss . . .	7,0	9,4	8,7	8,4
Fette . . .	3,4	6,1	4,3	5,0
Extractivstoffe und Salze . .	6,0	10,2	12,1	14,8
Phosphor . .	0,8	1,8	1,0	0,9

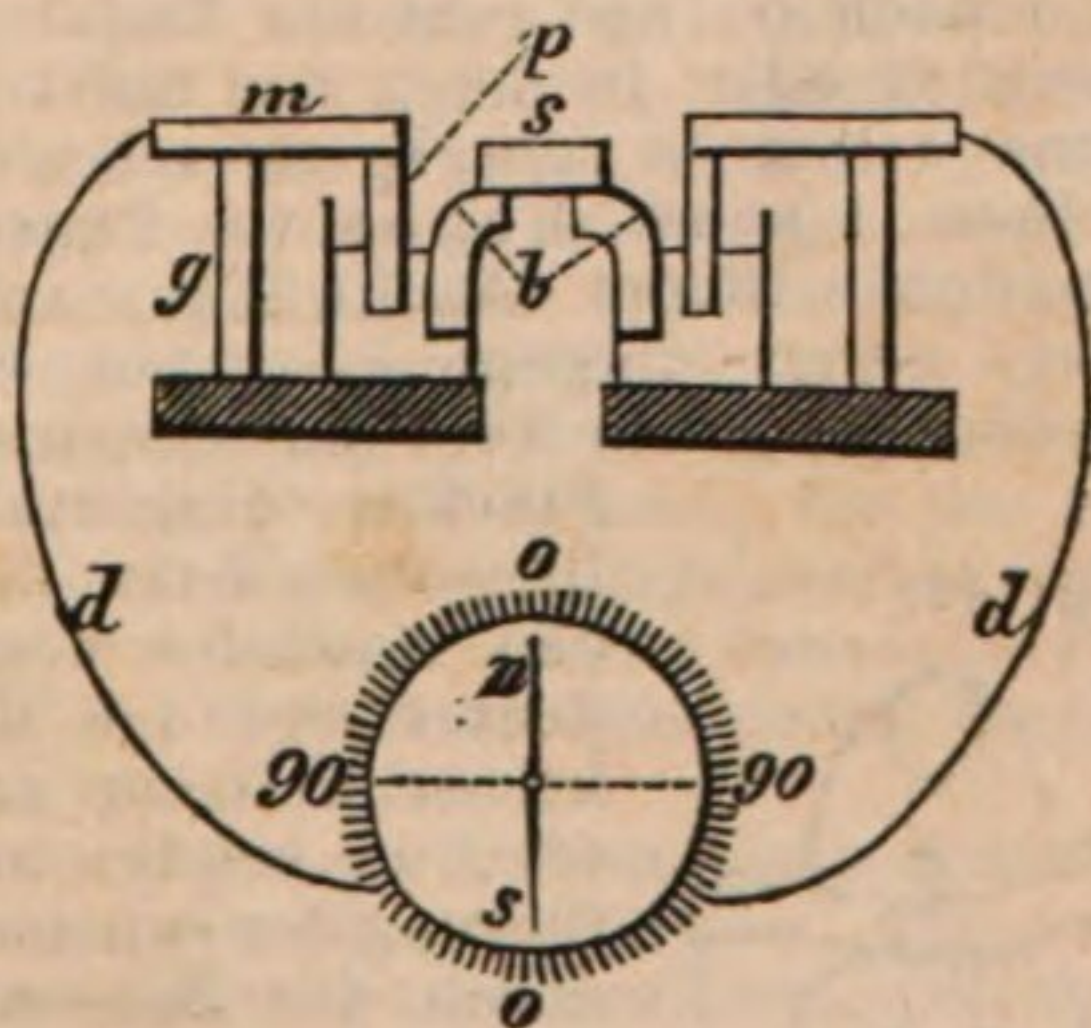
Elektrische Eigenschaften.

Man hat sich, um sich die Thätigkeit der Nerven zu erklären, mit allerlei Vorstellungen getragen. So verglich man die Nerven mit gespannten Saiten, deren peripherisches Vibriren sich in die Centraltheile und umgekehrt von letzteren aus wieder nach der Peripherie fortpflanzen sollte, dachte an Flüssigkeiten, die in den Nervenröhrchen hin und her schiessen, ohne dass man sich über das propellirende Agens klar werden konnte, sprach von einem imponderablen Nervenäther, der eine selbstständige Wirksamkeit entfaltete, und zog namentlich die Erscheinungen der Electricität in den Kreis der Spekulation, um aus der Analogie ihrer Batterien und Leitdrähte, welche man auf die zelligen und röhrigen Gebilde in Anwendung brachte, die Erscheinungen des Nervenlebens zu erklären. Allein die Vergleichung der Nerven mit den metallischen Leitern der elektrischen Apparate mag

immerhin auf Aehnlichkeiten führen, leitet aber gleichwohl auf ein entschieden anderes Feld, denn wenn auch die Nerven elektrischen Reizen in hohem Grade zugänglich sind, verhalten sie sich doch nur als schlechte Leiter des inducirten elektrischen Stroms, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man in die Kette des letzteren ein Stück Nerven interponirt; man sieht dann die Nadel des Multiplicators auf den Nullpunkt zurückgehen. Die Leitungsfähigkeit eines Nerven ist nicht stärker, als die einer Sehne oder eines mit Salzwasser befeuchteten Baumwollenfadens.

Dagegen gibt sich in den ruhenden Nerven, so lange der Inhalt der Primitivröhrchen nicht geronnen ist, eine elektrische Strömung in derselben Weise kund, wie Dubois sie an dem Muskel nachgewiesen hat, freilich kaum in Folge einer dem Nervengewebe eigenthümlichen Anordnung elektrischer Moleküle, denn einmal ist der Strom schwächer als im Muskelgewebe und andererseits theilt das Nervengewebe diese Eigenschaft auch mit anderen Geweben. Die Schwäche des Nervenstroms, dessen Beobachtung viel subtilere Instrumente fordert, als die des Muskelstroms, hat wahrscheinlich ihren Grund in der Trägheit des im Nervensystem vor sich gehenden Stoffwechsels. Dieser Strom geht vom Querschnitt zu der natürlichen Oberfläche, und man kann ihn, wenn man von der Intensität absieht, am Froschpräparat constatiren. Man präparirt zu diesem Ende den Hauptnerv des Froschschenkels frei bis auf ein mit dem Nerv verbunden bleibendes hinteres Stück des Extremität, isolirt letzteres auf einer Glastafel und bringt die Endschnittfläche und die natürliche Oberfläche des Nerven mit den getränkten Papierbäuschen, welche man mit einem Eiweisshäutchen belegt hat (Fig. 44 cfr. S. 158), in

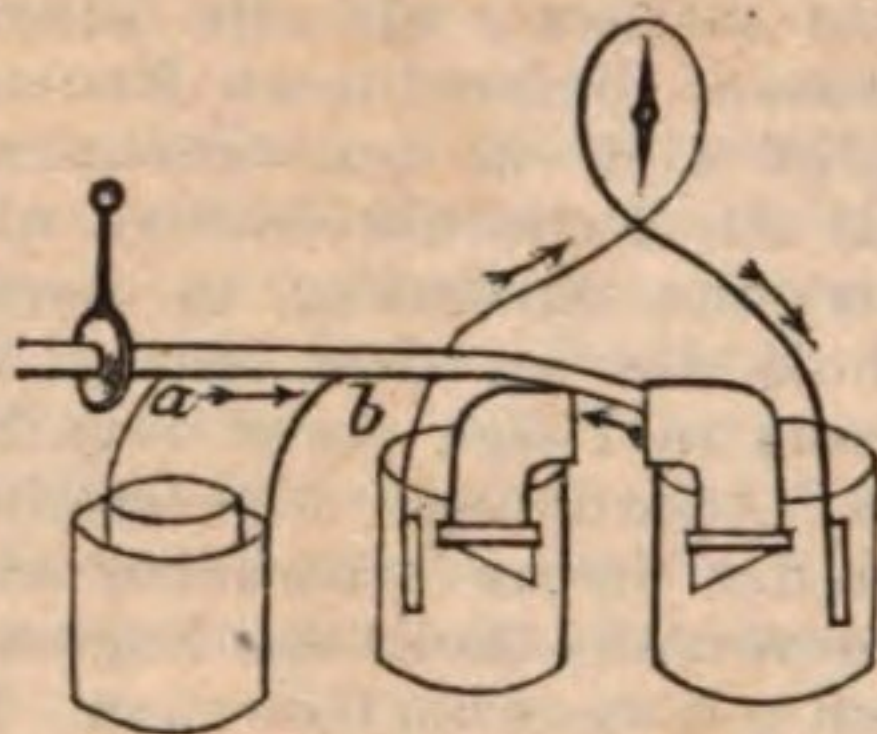
Fig. 44.



Contact; der sofort sich entwickelnde Strom gibt sich im Froschfuss durch Contraction kund. Es ist übrigens nicht bewiesen, ob dieser Strom im lebenden Nerven vor sich geht; denn der Versuch gibt uns eben das Resultat eines experimentativen Kunstgriffs und ist in diesem Sinne auch von Budge bezeichnet worden (S. 161).

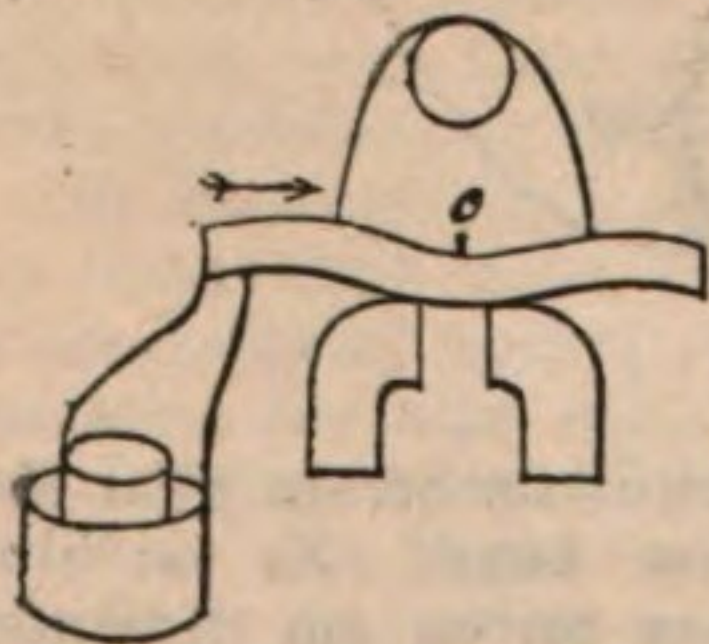
Indess finden wir doch an den Nerven eine Eigenthümlichkeit, die anderen Geweben abgeht und von Dubois mit dem Namen *Electrotonus* bezeichnet wurde, obschon bei aller Analogie die Erscheinung uns noch nicht berechtigt eine Identität zwischen Nervenstrom und elektrischem Strom anzunehmen. Wenn man nämlich (Fig. 45) mit den getränkten

Fig. 45.



Bäuschen den Querschnitt und die natürliche Fläche eines Nerven in Contact bringt, so entwickelt sich zwischen den Bäuschen ein Strom in der angedeuteten Pfeilrichtung. Lässt man nun, sobald die Oscillationen der Nadel des Multiplicators aufgehört haben, auf die Verlängerung des Nerven aus einem einfachen Bunsen'schen Element einen constanten galvanischen Strom, welchen man den erregenden nennen kann, in der Richtung von b nach a einwirken, so geräth die Nadel aufs neue in Bewegung und zwar weil diese Stromrichtung dieselbe ist, wie zwischen den Bäuschen, nach der Seite hin, nach welcher die Nadel durch den letzteren Strom bereits abgelenkt wurde; es tritt sonach eine Verstärkung des Stroms oder die sogenannte positive Phase ein. Geschieht die Einwirkung des constanten Stroms, wie in unserer Figur, von a nach b, so geht die Nadel gegen den Nullpunkt zurück oder je nach der Stärke des inducirten Stroms selbst in entgegengesetzter Richtung über denselben hinaus (negative Phase, welche den ursprünglichen Strom abschwächt, aufhebt oder statt seiner einen entgegengesetzten veranlasst). Bringt man dagegen einen Nerv mit seinen natürlichen

Fig. 46.

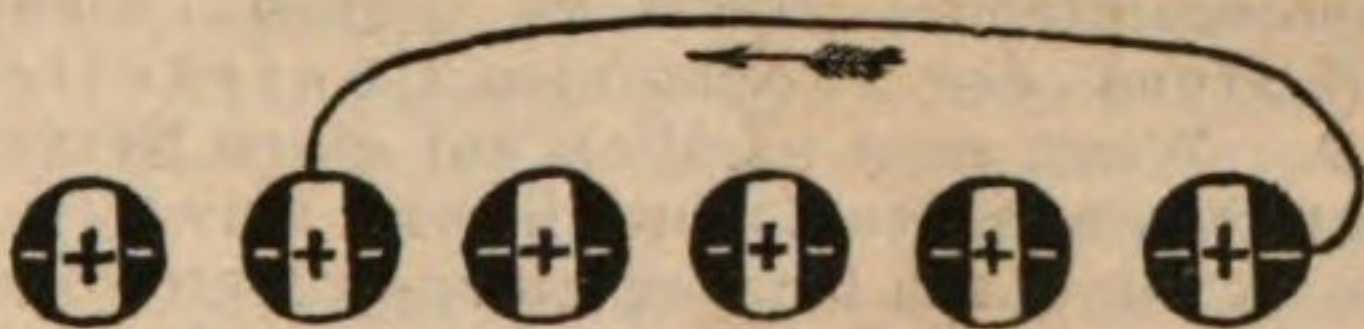


Flächen dergestalt auf die Bäusche, dass der Punkt c den Aequator desselben andeutet und der Multiplicator keinerlei Strom anzeigt (Fig. 46), so erfolgt auf die Einführung des constanten Stroms durch die Bunsensche Kette ein Strom durch den ganzen Nerv in der Pfeilrichtung, der sich alsbald durch die Abweichung der Nadel in dem Multiplicationskreis andeutet.

Dieses Verhalten, das man das *electronische* nennt, ist eine Eigenschaft der mit Reizempfänglichkeit begabten Nerven, und lässt in dem Mass der

Reizempfänglichkeit nach bis zum schliesslichen Ersterben. Bei ähnlichen Manipulationen an schlechten Leitern, die nicht Nerven sind, beschränken sich die Ströme einfach auf den Kreis der electrischen Kette. Dubois zieht aus den Erscheinungen des Electrotonus die Folgerung, dass die Moleküle der Nerven während der Ruhe des Nervensystems sich in einem Zustand statischen Gleichgewichts befinden, welchen man sich in einer Reihe peripolarer Moleküle dargestellt denkt (Fig. 47), und dass sie im Moment des

Fig. 47.



Stromdurchgangs in den electrodynamischen übergehen, kraft dessen sich die Moleküle bipolar ordnen und nach Art einer galvanischen Batterie wechselseitig sich die ungleichnamigen Pole zuwenden (Fig. 48).

Fig. 48.



Dubois erklärt sich daraus, dass eine molekuläre Veränderung nur an einem sehr beschränkten Punkt stattzufinden braucht, um in der ganzen peripherischen Verbreitung des Nerven eine molekuläre Veränderung zu bewirken, aus welcher die Entwicklung einer nervösen Strömung hervorgeht. — Solche Erklärungsversuche haben in der Physik immer ihren Werth gehabt und wurden um so höher geschätzt, je weiter sie gingen, um die Summe der Erscheinungen zu deuten; indess glaube ich kaum, dass die Annahme einer plötzlichen anderartigen Ordnung hypothetischer peripolarer und bipolarer Moleküle, die uns selbst durch die mächtigsten Vergrößerungsinstrumente nicht zur Anschauung gebracht werden können, das Geheimniss der im thätigen Nerven stattfindenden Vorgänge aufzuklären geeignet ist.

Der Electrotonus der Nerven diene seinem Entdecker ferner dazu, die Erscheinungen der inducirten Muskelcontraction zu erklären. Wenn man nämlich durch Reizung des N. ischiadicus einen abgehäuteten Froschschenkel, der mit dem gleichnamigen Nerv eines anderen Froschschenkels im Contact steht, zur Contraction bringt, so zieht auch dieser zusammen, und die gleiche Wirkung lässt sich unter ähnlichen Bedingungen auf eine ganze Kette von abgehäuteten Froschschenkeln fortpflanzen. Eben so geschieht die Zusammenziehung des Froschschenkels, wenn man

aneent,

nemen,

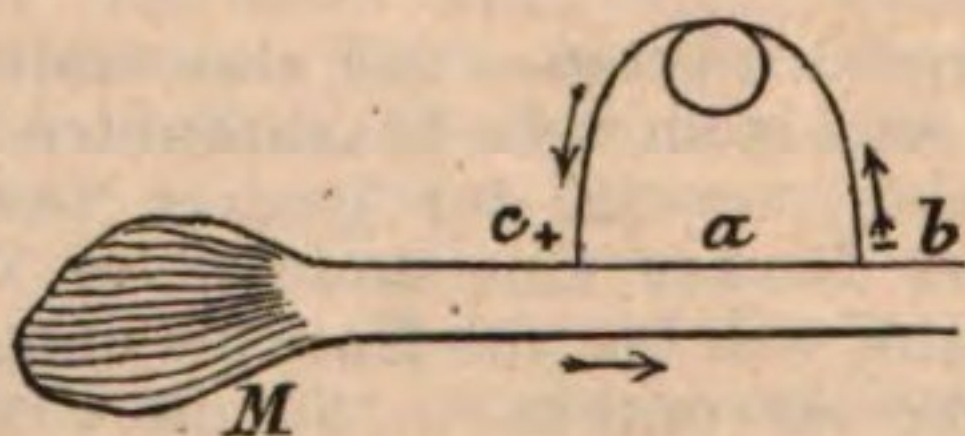
-om -o-]-om

-om -o-]-om

mit der natürlichen Oberfläche eines beliebigen erregbaren Nerven die eines Stücks vom N. ischiadicus eines Froschschenkels in Contact bringt und eine Partie des ersteren Nervenstücks, die nicht von dem mit dem Froschschenkel zusammenhängenden Nerven berührt wird, der Einwirkung einer galvanischen Kette aussetzt. Es pflanzt sich sonach der electrotonische Strom in dem ausserhalb der Kette liegenden Nerven fort und bewirkt, wenn das erregende Element nicht zu schwach ist, auch in dem berührenden Nerven eine Gleichgewichtsstörung, die sich in der Contraction des Froschfusses kund gibt. Diese Erscheinung, welche den Froschschenkel so geeignet macht, als nervenstromprüfendes Mittel zu dienen, dient auch zur Aufklärung der sogenannten Contractionsparadoxe. Wenn man nämlich auf einen Nervenzweig einen kräftigen galvanischen Strom einwirken lässt, so kann der dadurch hervorgerufene Electrotonus sich auf die Gesamtbündel des Stamms und von diesem aus in einen Collateralnerven fortpflanzen, so dass im peripherischen Bereich des letzteren (darnach möglicherweise in einer von der Reizungsstelle sehr entfernten Partie) Zuckungen entstehen.

Da wir in der Lehre von dem Electrotonus bereits den vitalen Eigenschaften der Nerven vorgegriffen haben, mögen wir hierorts anfügen, was unter dem Katelectrotonus und dem Anelectrotonus verstanden wird. Nach Pflüger zeigt die vor dem Strom gelegene Nervenstrecke (Fig. 49, b) eine Erhöhung,

Fig. 49.



die hinter dem Strom gelegene (c) eine Minderung der Erregbarkeit. Beide entgegengesetzte Veränderungen der Erregbarkeit verbreiten sich eine gewisse Strecke des Nerven entlang, ausserhalb welcher die Erregbarkeit wieder normal wird. Die Zonen der verminderten und erhöhten Erregbarkeit sind sonach geschieden durch einen Indifferenzpunkt, in welchem die Erregbarkeit nicht alterirt erscheint. Ist der erregende Strom sehr schwach, so zeigt fast die ganze Strecke a erhöhte Erregbarkeit, während ein starker erregender Strom beinahe in der gesamten Strecke a die Erregbarkeit herabsetzt, das heisst, der Indifferenzpunkt rückt mit der wachsenden Stärke des erregenden Stroms mehr gegen den — Pol. Pflüger nennt den electrotonischen Zustand des Nerven am + Pol Anelectrotonus, den am — Pol Katelectrotonus. Die anelectrotonisirte Nervenstrecke zeigt somit eine Minderung, die katelectrotonisirte eine Erhöhung der Erregbarkeit. Dieses Gesetz illustriert der bei m mit dem Nerven zusammenhängende Muskel. Reizt man

eine Stelle von b, so zuckt der Muskel stärker, bei Reizung einer Stelle von c schwächer als gewöhnlich, obschon die Oertlichkeit des Reizes im letzteren Falle dem Muskel näher liegt.

Vitale Eigenschaften der Nerven.

a. Nervenleitung.

Die Nerven sind gleich den Telegraphendrähten nur Leiter, niemals die Erreger von Eindrücken, die entweder von den Centralorganen gegen die peripherischen oder von letzteren gegen die Centralorgane fortgepflanzt werden. Wir haben es sonach mit einer doppelten, einer centripetalen und einer centrifugalen Richtung der Leitung zu thun, von denen die eine die Empfindung, die andere die Bewegung vermittelt. Man kann in mancher Beziehung diese Leitung mit den + und — Drähten einer electrischen Kette vergleichen, zwischen deren Endpolen Eindruck und Effect liegen. Wenn ein Finger mit einem heissen Gegenstand in Contact kömmt, so führt die centripetale oder sensitive Leitung den Eindruck dem Gehirn zu und weckt daselbst die Vorstellung des Schmerzes, welche nun wieder als Reiz in centrifugaler Richtung wirkt und die Entfernung des gesenkten Glieds von der heissen Stelle (Bewegung) veranlasst. Zur Hervorbringung dieser Bewegung ist nicht einmal die Mitwirkung des Willens nothwendig, denn sie vollbringt sich unwillkürlich, und nur zu ihrer Unterlassung wäre ein überwiegender Einfluss des Willens erforderlich, der die Weiterleitung in motorischer Richtung hinderte. Den gleichen Vorgang bemerken wir in der Sphäre des vegetativen Nervensystems. Wenn der Nährbissen auf die sensitiven Nerven der Darmschleimhaut einwirkt, so sehen wir die Muskelfasern der letzteren reagiren und den Nährbissen weiter treiben; der sensitive Nerv hat den Eindruck den betreffenden Ganglien mitgetheilt und dieses die Weiterleitung auf die motorischen Nerven besorgt, ohne dass in diesem Fall, da die Leitung nicht durch das der Wahrnehmung dienende Organ (Gehirn) ging, der Vorgang zum Bewusstsein kam. Auch zwischen Sinn- und Bewegungsnerven bemerken wir solche Rapporte. Der Anblick eines wünschenswerthen Gegenstandes weckt die Begier des Besitzes und veranlasst die willkürliche Bewegung des Ergreifens; die Düfte eines angenehmen Geriches reagiren auf die motorischen Nerven der Speicheldrüsen und bewirken dadurch die nicht unter dem Einfluss des Willens stehende Austreibung von Speichelflüssigkeit. Allerdings sehen wir häufig namentlich im Bereich des vom Willen beeinflussten Systems die Leitung nur einseitig vor sich gehen. Der durch sensible Nerven geleitete Eindruck führt zu keiner motorischen Weiterleitung, wenn sie wie in dem obigen Beispiel durch die Gewalt des Willens unterdrückt wird, man müsste denn diesen Willensact selbst sich als das Produkt eines molekulären Bewegungsvorgangs denken, mit dem die Kette zum Abschluss kömmt. Ebenso werden Empfindungs-

eindrücke nicht percipirt, weil das Fehlen eines anderen geistigen Acts, der Aufmerksamkeit, die Bildung einer Vorstellung hindert. Andererseits kann der Wille Bewegungen vollbringen, die nicht durch sensitive Eindrücke inducirt sind; wenigsten ist die Physiologie noch lange nicht in dem Fall, wie schon versucht wurde, einen Schillerschen Wallenstein auf den empfundenen Reiz eines sich bewegenden Phosphoratoms oder gewisse Blut- und Eisenmaximen auf den eines Eisenmoleküles zurückzuführen.

Wir wissen, dass die Sinnnerven gewisse histologische Eigenthümlichkeiten haben; ob aber eine histologische Differenz zwischen den Nerven der Bewegung und denen der Empfindung bestehe, ist noch nicht genügend constatirt, obschon man zwischen ihren zelligen Ursprüngen Unterschiede bemerkt haben will und nach Mark die Primitivröhrchen der Sensibilitätsleiter feiner sein sollen, als die motorischen. Functionell dagegen besteht ein solcher Unterschied, der sich namentlich an den Sinnnerven deutlich ausdrückt. Eine Reizung des Sehnerven zum Beispiel bewirkt keinen Schmerz, wohl aber Erscheinungen, die in den Bereich dieses Nerven fallen, das Sehen von schwarzen Flecken, Funken oder eines Feuermeers. So hört man bei Reizung des Gehörnervens Geräusche u. s. w. Die functionelle Differenz zwischen motorischen und sensitiven Nerven ist zuerst an den hintern und vordern Wurzeln der Rückenmarksnerve von Charles Bell nachgewiesen und von vielen spätern Experimentatoren, welche dieses Thema weiter verarbeiteten und vervollständigten, bestätigt worden. Durchschneidet man nämlich an dem Rückenmark eines Thieres einige vordere Wurzeln der einen Seite, so sind die Muskeln, die von diesen Nervenstämmen Zweige erhalten, vollständig gelähmt, und ein Reiz, auf einen der centralen Stümpfe angebracht, bewirkt weder Schmerzäusserung noch Bewegung; lässt man jedoch die Reizung auf das Nervenende wirken, das von dem centralen abgelöst wurde (Kürze halber das periphereische genannt), so erfolgt eine convulsivische Bewegung in dem Theil, in welchem die Enden des Versuchsnerven sich verbreiten, ohne dass von dem Thier Schmerzäusserungen kundgegeben werden. — Macht man denselben Versuch an den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, so erscheinen die von diesen Stämmen mit Zweigen versorgte Partieen empfindungslos und eine Reizung des peripherischen Schnittendes hat weder Schmerzäusserung noch Bewegung zur Folge; dagegen tritt lebhafte Schmerzempfindung ein, sobald das centrale Schnittende gereizt wird. Damit ist der Beweis einer functionellen Verschiedenheit zwischen den Nerven der centripetalen (sensitiven) und der centrifugalen (motorischen) Leitung der Nervenfasern gegeben: er lässt sich nur an den Rückenmarkswurzeln und einzelnen Gehirnnerven führen, da bloss hier die beiderlei Nerven getrennt auftreten. Die vorderen und hinteren Rückenmarksnerven treten unmittelbar hinter den Ganglien der hinteren Wurzel zu einem gemischten Strang zusammen, der in diesem Charakter verläuft, bis er an

seinem peripherischen Ende sich in die ursprünglichen Elemente spaltet, weshalb an allen Zwischenpartieen das Experiment kein reines Ergebniss liefert. Die Gehirnnerven bewahren die Scheidung auf längere Strecken, und namentlich lässt sich am Trigeminus fast in seiner ganzen Verbreitung der sensitive Charakter nachweisen. — Man hat eine Bedingung der sensitiven Leitung in der Interponirung der ganglionären Anschwellung gesucht, welche am Austritt der betreffenden Gehirn- und Rückenmarksnerven aus dem Centralorgan liegt, während man dagegen annahm, dass die motorischen Fasern ohne zellige Zwischenlagerung bis zum Gehirn aufsteigen; indess entsteht die Schmerzäusserung auf Reizung des hinter dem Ganglion gelegenen centralen Segments (also ohne dass der Strom das Ganglion durchsetzt), und im Rückenmark hat man noch keine directe Umbiegung von gegen das Gehirn aufsteigenden Nervenröhrchen bemerkt. Daraus ergibt sich, dass man den Grund der Functionirungsverschiedenheit in anderen Momenten zu suchen hat. Die centrifugale und centripetale Leitung bestimmter Nervenfasern ist nämlich nur scheinbar, obschon diese Ausdrücke die Nutzeffecte des Vorgangs so treffend bezeichnen, dass sie von den Physiologen beibehalten werden. Jede Primitivfaser leitet, wie wir in der Lehre vom Electrotonus gesehen haben (S. 202 u. f.), wenn sie an irgend einem Punkte ihres Verlaufs gereizt wird, den Reiz nach beiden Richtungen fort. Da jedoch die empfindenden Fasern nur an ihrem centralen Ende mit Nervenelementen zusammenhängen, welche fähig sind, den Reiz zu percipiren, und die motorischen bloss am peripherischen Ende mit contractionsfähigen, wie es scheint ausser dem Ermüdungsgefühl der Empfindlichkeit vollkommen ermangelnden Muskeln in Verbindung stehen, so wird die physiologische Wirkung in dem einen Falle wirklich eine centripetale (Empfindung), in dem anderen eine centrifugale (Bewegung) sein, während die Nutzwirkung des Reizes in der entgegengesetzten Richtung verloren geht. Nicht die Nervenfasern, sondern die Organe, mit denen sie in Verbindung stehen, bedingen sonach die Verschiedenheit des Reizerfolgs. — Was wir indess von dem Verlorengehen des Nutzeffects gesagt haben, gilt nur von der bestimmten, mit einem sensiblen oder einem motorischen Element verbundenen Faser. Wir haben Seite 203 gesehen, dass die Reizung einer Nervenfibrille auf eine anliegende Faser inductiv wirkt; was wir also als Verlust des Nutzeffects bezeichnet haben, kann durch eine Strömung der Nachbarfibrille ersetzt werden. Das an der angezogenen Stelle von der Contractionsparadoxe Gesagte erklärt auch die Erscheinungen der Mitbewegung und Mitempfindung von Elementen, die nicht eben in der directen Bahn des gereizten Nerven liegen. Man pflegt diese nicht beabsichtigten Thätigkeiten, die man häufig zu beobachten Gelegenheit hat, consensuelle zu nennen. — Indess gibt es auch Beispiele, in welchen die entgegengesetzte Strömung nicht verloren zu gehen scheint, denn man sieht nicht selten, dass die sensitive Leitung eine centrifugale Richtung einschlägt.

Gehirnkrankheiten können eine schmerzliche Empfindung in den Extremitäten, der Reizzustand eines Nerven bei Hüftgelenkkrankheiten Schmerz in den Partien seiner Endausbreitung bewirken. Wird der N. ulnaris am Arm gedrückt, so spürt man an der Druckstelle eine sehr unangenehme Empfindung, zugleich aber auch in der letzten Verbindung der Ulnarzweige an dem kleinen und Ringfinger ein Prickeln und in höherem Grade das bekannte Gefühl des Einschlafens. Die Leitung eines Eindrucks von einem Organtheil, der seine Lage verändert hat, zeigt sich auf eine interessante Weise nach rhinoplastischen Operationen, indem eine Reizung der neuen Nase auf die Stirne bezogen wird, welcher man das die Nase bildende Hautstück entnahm. Bei amputirten Gliedern kann die Gewohnheit machen, dass man einen Nervenreiz sogar in das abgenommene Stück verlegt, wie jener Soldat meinte, dass ihn sein längst in Russland begrabenes Bein schmerze.

Wir haben an dem Bellschen Versuch gesehen, dass Durchschneidung eines rein motorischen Nerven die Leitung der Bewegung, eines rein sensitiven die der Empfindung unterbricht. *) Durchschneidet man dagegen einen gemischten Nerven, so gehen in den von ihm mit Zweigen versehenen Partien Bewegung und Empfindung verloren. Eine gleiche Wirkung wie die Durchschneidung übt Unterbindung oder Druck, der bisweilen von pathologischen Produkten veranlasst wird. Wenn man einen gemischten Nerven mit zwei Ligaturen versieht, so bleibt eine Reizung, die man auf den intermediären Strang anwendet, ohne Erfolg, löst man dagegen die untere Ligatur und reizt dieselbe Stelle, so treten Muskelzuckungen ein, während bei Lösung der oberen durch den angebrachten Reiz Schmerz hervorgerufen wird. — Wir haben weiter oben bei Regeneration des Nervengewebs (S. 146) gesehen, dass aus durchschnittenen Nerven die Functionirung sich wieder herstellen kann. Dies geschieht auch, wenn man zwei Nervenenden von gleicher Dignität in einer Weise einander nähert, dass sie zusammenheilen können; doch unterbleibt die Leitungsherstellung, wenn man das centrale Ende eines motorischen Nerven mit dem peripherischen eines sensitiven oder umgekehrt in Contact bringt, selbst wenn die Continuität des Strangs durch Bindegewebe hergestellt werden sollte.

Man hat die Geschwindigkeit der Leitung für unmessbar gehalten; von Helmholtz wurde jedoch ver-

*) Es kommt bisweilen vor, dass nach Durchschneidung der vordern Rückenmarksnervenwurzeln die Reizung des centralen Segments sowohl als der peripherischen Schmerzäusserung veranlasst; daraus folgt aber nicht, dass in diese anerkannt motorische Partie sensitive Nervenfibrillen eingehen, da sich dieser Vorgang recht gut aus einer inducirten Reizüberpflanzung erklärt. Es findet auf solche Reizungen nie eine sensible Reaction statt, wenn man auch die hintere Wurzel durchschnitten hat.

mittelst des electromagnetischen Chronometers, über dessen Einrichtung und Verwendung wir auf die geeigneten physikalischen Lehrbücher verweisen müssen, gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, und dass sie in Vergleichung mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Imponderabilien sogar träge genannt werden kann. Sie beträgt im Schenkelnerven des Frosches 86, bei menschlichen Nerven, die allerdings an verschiedenen Stellen und nach der Temperaturverschiedenheit eine wandelbare Ziffer ergeben, 200 Fuss in der Secunde, während die Electricität in derselben Zeit 462,000,000 Fuss, das Licht 40,000 Meilen zurücklegt.

b. Erregbarkeit

nennt man das an die normale Zusammensetzung des Nerven gebundene Vermögen, auf Reize anzusprechen und den percipirten Eindruck in den Strom der Leitung zu bringen. Da sie ihrem Wesen nach eine vitale Eigenschaft ist, die wir als eine gegebene That- sache hinnehmen müssen, so sehen wir uns einfach darauf angewiesen, die Bedingungen zu erforschen, durch welche sie erfahrungsmässig erhöht, erniedrigt oder vernichtet wird.

Lösung des Zusammenhangs mit dem Central- organ, sei es durch Schnitt oder Verödung einer Partie, hebt die Leitung auf, nicht aber sogleich die Erregbarkeit. Ein sensitiver Nerv kann allerdings nicht mehr ansprechen, aber das periphere Ende eines motorischen Nerven zeigt unmittelbar nach dem Durchschnitt sogar eine gesteigerte Erregbarkeit; sie nimmt aber allmählig ab, bis sie, wofern nicht Rege- nation eintritt, endlich erlischt und der Nerv unter fettiger Entartung zum blossen Bindegewebsstrang atrophirt. Dieser Vorgang nimmt einen um so schnel- leren Verlauf, je näher an dem Centralorgan die Trennung vollbracht wurde. Daraus ergibt sich, dass die Erregbarkeit zwar eine immanente Eigenschaft des Nerven ist, aber sich ohne Vereinigung mit den Centraltheilen nicht erhalten kann.

Grobe mechanische Veränderungen eines Nerven (Zerren, Quetschen), ebenso namhafte Veränderung in seiner chemischen Zusammensetzung (Wasserverlust durch Austrocknen, Aezen u. s. w.) vernichten die Erregbarkeit.

Anhaltende Ruhe des Nerven vermindert und ver- nichtet die Erregbarkeit. Durchschnittene sensitive Nerven degeneriren sowohl im peripherischen, als im centralen Segment, in jenem, weil es vom Central- organ abgelöst, im letzteren, weil es nicht mehr er- regt wird.

Anhaltende Thätigkeit vermindert zeitweise die Erregbarkeit oder kann sie für immer vernichten (Ermüdung, Erschöpfung, Lähmung); im ersteren Falle wird die Erregbarkeit durch Ruhe wieder hergestellt.

Mässige Reize steigern die Erregbarkeit, indem sie den Nerv in Uebung erhalten, stärkere schwächen oder vernichten sie (starke electricische Schläge). Ist sie durch einen Reiz bestimmter Art erschöpft, so

kann sie noch für einen Reiz - anderer oder einer stärkeren derselben Art empfänglich sein. Ein Nerv, der auf die Wirkung einer kleinen galvanischen Säule anzusprechen aufgehört hat, bleibt der Einwirkung einer stärkern Säule, wohl auch einer mechanischen oder chemischen Reizung noch zugänglich. Wechsel der Reize wird es daher nicht zu einem solchen Grad von Erschöpfung kommen lassen, als andauernde Wirkung eines bestimmten kräftigen Reizes.

Gewisse Gifte besitzen das Vermögen, die Erregbarkeit der Nerven zu vermindern oder zu vertilgen. Im letztern Fall können sie den Verlust der Erregbarkeit geradezu bewirken (so die Blausäure) oder sie nach einer vorhergegangenen Erregung herbeiführen (Strychnin).

Eine Temperatur von $32-36^{\circ}$ R. wirkt nach den an Fröschen angestellten Studien erhöhend, eine höhere mindernd, selbst vernichtend, und zwar um so schneller, je höher sie steigt. Eine Wärme von 56° hat augenblickliche Lähmung zur Folge, während von 40° abwärts durch Abkühlung eine Wiederherstellung möglich ist.

Des steigernden und vermindernden Einflusses der Electricität auf die Erregbarkeit ist S. 204 bei der Lehre vom Anelectrotonus und Katelectrotonus Erwähnung geschehen. Eine durch anderartige Reize erschöpfte Erregbarkeit kann nach Umständen durch methodische Anwendung der Electricität wieder hergestellt werden.

Auch der Blutzufluss ist für die Erhaltung der Erregbarkeit von hohem Belang. Wenn man mit Budge bei einem Kaninchen nach geöffneter Bauchhöhle die Aorta unterbindet und so rasch als möglich das Rückenmark blosslegt, so wird schon jetzt die Anwendung des stärksten Inductionsstroms ertragen, ohne dass irgend welche Schmerzkundgebung erfolgt; man kann ein ganzes Glied abschneiden, ohne dass es von dem Thier gefühlt wird. Kaum eine Minute nach der Unterbindung hat der Wille seinen Einfluss verloren. Die Hinterextremitäten werden nachgeschleppt, als ob das Rückenmark durchschnitten wäre. Galvanische Reize auf die Nerven selbst bringen keinen Schmerz, wohl aber noch eine Weile Bewegung hervor, die übrigens gleichfalls bald ausbleibt. Wenn man nun auch annehmen kann, dass durch den gehemmten Blutzufluss die Muskelfaser leidet, so beweist doch das erlöschende Gefühl, dass die Nervenmasse zu seiner Functionirung des Bluts bedarf. Löst man die Unterbindung wieder, so kehrt das Gefühl und später auch die willkürliche Bewegung zurück. Schlechte Ernährung und mangelhafte Blutbereitung haben häufig zuerst eine erhöhte, im ausgebildeteren Stadium der Anämie eine geminderte Nervenirregbarkeit im Gefolge.

c. Effect der Reizung.

Die Einwirkung eines Reizes pflanzt sich fort. Wir haben gesehen, dass dies in einer Kette centripetaler und centrifugaler Leitung, in einem einseitigen Strom und im Verlauf des nämlichen Nerven in Dop-

pelter Strömung mit Verlust der Nutzeffecte geschehen kann. Welche Veränderungen bei dieser Thätigkeit des Nervengewebes vor sich gehen, ist nicht bekannt; eine Bewegung der Nervenmoleküle im thätigen Nerven konnte durch die stärksten Vergrößerungen nicht wahrgenommen werden, und in chemischer Beziehung soll sich die Thätigkeit des Nerven nur durch einen Uebergang der neutralen Reaction seines Gewebes zu einer sauren kennzeichnen (Funke).

Es mag hier am Ort sein, einige Worte über die Reize zu sprechen, welche erforderlich sind, um die Nerventhätigkeit in Fluss zu bringen, und grossentheils in einem sehr weiten Rahmen spielen, von der leisesten Reaction an bis zum Erdrücken aller Erregbarkeit. Wir nennen:

1. die mechanischen Reize. Hieher gehören Berührung, Stoss, Druck, Dehnung, Quetschung, Zusammenhangstrennung durch Unterbindung, Schnitt u. s. w. Beispiele, das Haar, das auf der Zungenspitze empfunden wird, die Schallwelle, die den Gehörnerven erregt, der Druck des Nährbissens auf den Durchgangskanal, bis zu der in ihrem höchsten Grad plötzlich tödtenden Einwirkung einer Erschütterung der Centralorgane.

2. Die chemischen Reize. Man rechnet zu ihnen solche, welche die chemischen Bestandtheile der Nervensubstanz verändern, indem sie derselben gewisse Stoffe entziehen, z. B. Wasser, wie dies durch Schwefelsäure, Chlorcalcium u. s. w. geschieht, sie auflösen (das Fett durch Aether, die Proteinsubstanzen durch Alkalien), oder neue Verbindungen mit ihr eingehen (wahrscheinliche Wirkung der Säuren und vieler Salze). Viele derselben wirken viel stärker auf die sensiblen, als auf die motorischen Nerven, indem z. B. Säuren heftigen Schmerz und nur wenig oder gar keine Zuckungen erzeugen. Im weiteren Sinne müssen wir hieher auch die chemischen Actionen zählen, welche sich im Nerven reflectiren, ohne dass sie in demselben erkennbare Veränderungen bewirken, so die Einwirkung des Sauerstoffs auf gewisse Gewebe und die Nerven selbst (Athmung, die Ernährungsverbrennungen und ihre Producte), riechender und schmeckender Stoffe, die Einwirkung des Bluts, wie auch gewisser Arzneien und Gifte. Unter letzteren gibt es welche, in die Klasse der Narcotica gehörend, die anders wirken, wenn man sie auf die Nerven selbst anwendet, als wenn man sie ins Blut bringt, und daher Alterantia genannt werden. Taucht man z. B. einen Nerv vom lebenden Frosch eine Zeit lang in Opiumlösung, so verhält sich dieser Nerv so, als ob er zugeschnürt worden wäre; dagegen ist er unterhalb und oberhalb dieser Stelle zur Action noch vollkommen fähig, und es entstehen keine jener allgemeinen Wirkungen, welche erfolgen, wenn das Gift ins Blut gelangt. Ueberhaupt ist, wie früher gezeigt wurde, das Nervengewebe nie der primäre Leiter von constitutionellen Vergiftungserscheinungen. Vielleicht könnte man auch Wärme und Licht in die Reihe der chemischen Reize rechnen, obschon diesen Agentien sonst eine gesonderte Kategorie zugewiesen werde. Eine weitere in

ponderable Influenz, die hieher gehört, betrachten wir für sich unter

3. Electricität, weil sie zum Unterschied von den bisher aufgeführten, welche mehr oder weniger die sensitive oder motorische Seite der Erregbarkeit bevorzugen, beziehungsweise ausschliesslich influenziren, beide Richtungen gleichmässig anregt und so fern als allgemeiner Nervenreiz betrachtet werden kann, obschon auch sie den specifischen Sensations-sphären Rechnung trägt und in den Sinnerven nur die ihnen zustehenden Empfindungen weckt. Ein besonderes Interesse bieten die Erscheinungen der continuirlichen Ströme, wie wir sie schon bei der Lehre vom Electrotonus wahrgenommen haben, da bei ihnen nicht wie bei den chemischen oder mechanischen Reizen Schmerz oder Bewegung mit dem Moment des Aufhörens der Reizung aufhört; die Effecte zeigen sich nämlich in dem Moment des Schliessens der Kette, sistiren sodann, indem an ihre Stelle ein ruhiges Durchströmen tritt, und machen sich aufs neue bemerklich, sobald man die Kette wieder öffnet. Im gemischten Nerven geschieht dies mit sensitiver und motorischer Wirkung, mag man sich für die Reizung des aufsteigenden oder absteigenden Stroms bedienen; die Erscheinungen wechseln jedoch, wenn man den Strom isolirt auf die motorischen oder sensitiven Nervenwurzeln einwirken lässt. Applicirt man den absteigenden Strom (den negativen Pol gegen die Peripherie voran) auf die motorischen Wurzeln, so findet die Muskelcontraction nur statt beim Wiederöffnen der Kette, während der aufsteigende Strom sie beim Schliessen veranlasst. Bei den sensitiven Wurzeln bemerkt man Kundgebung von Sensibilitätserscheinungen, sobald die Kette geschlossen wird, mag der Strom aufwärts oder abwärts geleitet werden, weil schon die Berührung der Drähte als Reiz wirkt; dagegen treten sie bei Oeffnung der Kette nur ein, wenn der Strom centripetal (aufsteigend), nicht aber, wenn er centrifugal geleitet wurde. In diesen Versuchen treten die Resultate um so deutlicher hervor, je weiter die den Nerv berührenden Pole von einander abstehen und in je schieferer Richtung sie denselben treffen; in senkrechter Application der Drähte gegen die Achse des Nerven ist die Wirkung sehr gering oder fällt wohl ganz aus. Die Experimente fordern die Anwendung einer sehr schwachen Kette, damit nicht die Contractionsparadoxe zu Irrungen Anlass gebe.

4. Die psychischen Reize. Sie haben ihren Angriffspunkt im grossen Gehirn und lassen sich nach ihrer sensitiven Sphäre auf die Vorstellung, nach der motorischen auf den Willen zurückführen. Obschon diese beidartigen Reize meist durch andere inducirt sind, vermögen sie doch auch primär zu agiren, das heisst, die Vorstellung kann instinktartig gegeben oder aus der Erinnerung geschöpft sein, während der Wille sich als reiner Geistesact zu äussern vermag.

Der Effect ist nun nichts anderes als der wahrnehmbare Erfolg, welchen die Einwirkung der Reize

auf das Nervensystem hervorbringt, nämlich Empfindung und Bewegung. In letzterer Beziehung hat man, da die bewegende Kraft aus den Veränderungen im Nervengelenke sich nicht erklären lässt, die Nerven *Auslösungsorgane* genannt. Wie nämlich in der Uhr die durch das schwere Gewicht des Triebwerks bewirkte Spannung durch einen schwachen Sperrhaken, ja durch einen winzigen fremden Körper effectlos gemacht werden kann und erst nach Beseitigung des ersteren (Auslösung) oder Entfernung des letzteren voll und nachhaltig in Action tritt, so sollen die durch die organischen Verbrennungen entwickelten und für mechanische Arbeit nutzbaren Kräfte in den Nerven ihre Regulatoren (Hemmer und Auslöser) finden. Eine ähnliche Thätigkeit schreibt man den Nerven in der sensitiven Sphäre zu, indem sie die specifische Ausscheidung gewisser Stoffe in den Secretionsorganen bedingen soll. Das Bild macht freilich den wahren Vorgang noch lange nicht klar.

Man pflegt die Effecte in positive und negative einzutheilen und versteht unter den ersteren solche, welche das Auftreten von Erscheinungen, unter letzteren solche, die das Aufhören von bestehenden wahrnehmen lassen. Die positiven Effecte sind an sich klar und werden nicht bloss durch den Reiz, sondern auch durch die Specifität des Nerven und den vielleicht von den Centralorganen abhängigen Grad seiner Erregbarkeit bedingt. Die negativen Effecte sind entweder Folgen der positiven (Ueberreizung, Ermüdung) und können in dieser Eigenschaft sehr einseitig sein, indem z. B. ein durch den aufsteigenden electrischen Strom erschöpfter Nerv auf den absteigenden oder einen anderartigen Reiz wieder anspricht, oder directe Hemmungserscheinungen (der Wille kann einen Reizeffect aufheben, die galvanische Reizung vermittelt des Rotationsapparats bringt den Herzschlag zum Stillstand).

Nach anderer Richtung zerfallen die Effecte in solche, die zum Bewusstsein kommen, und solche, bei denen dies nicht der Fall ist. Im allgemeinen besteht hier freilich keine scharfe Grenzlinie, indem häufige Effecte, welche zu der ersteren Art gehören könnten, aus Mangel an Aufmerksamkeit unbeachtet bleiben, und Reize, die im normalen Verhalten nicht zum Bewusstsein gelangende Effecte bewirken, bei grosser Intensität diese zum Bewusstsein bringen. In die letztere Klasse gehören sämtliche unter dem Einfluss des sympathischen Nervensystems stehenden Vorgänge, die nur unter gewissen pathologischen Bedingungen sich im Organ des Bewusstseins reflectiren. Es erscheint passend, hier eine Betrachtung über die

Reflexthätigkeit des Nervensystems

anzufügen.

Schon mehrmal wurde berührt, dass die Wirkung der Eindrücke häufig sich nicht auf den Applicationsnerven beschränken, sondern ihr Effect auf einen anderen hinüber geleitet wird und auch in diesem eine Thätigkeit weckt. Dies kann in der Weise geschehen

welche wir bei der Contractionsparadoxe (S. 204) kennen gelernt haben und aus der sich die Erscheinungen der Mitempfindung (Ohrenschmerz bei einem cariösen Zahn) und der Mitbewegung (ungeschicktes Mit-tasten von Fingern beim Klavierspielenlernen) erklären (S. 207). In dem Abschnitt über die Leitungsströme haben wir gesehen, dass Eindrücke, von den sensitiven Nerven geleitet, auf motorische überspringen. Wenn dies nicht nach dem Gesetz der inducirten Leitung, sondern durch die Vermittelung eines Centralorgans ohne Mitwirkung des Willens geschieht, so ist dies eine Reflexthätigkeit im weiteren Sinne. Von ihr unterscheidet man wieder die Reflexion unter Vermittlung der ganglionären Centra des Sympathicus. So erigiren sich z. B. die Darmzoten auf den Reiz der Galle, contrahiren sich die Muskelfasern des Darms auf den Reiz des Nährbissens u. s. w., ohne dass dergleichen Erscheinungen zum Bewusstsein oder in den Bereich des Willens kommen; man pflegt eine solche Ueberleitung mit dem Ausdruck Sympathieen zu bezeichnen.

Unter Reflexbewegung im engeren Sinne versteht man jene Ueberleitung sensitiver Eindrücke in die motorische Sphäre, welche ohne Mitthätigkeit des Willens, häufig auch ohne die des Bewusstseins, also ohne die Theilnahme der Hemisphären des grossen Gehirns, nur unter Vermittelung des Rückenmarksstrangs (einschliesslich des verlängerten Marks und der Varolsbrücke) sich vollbringt und somit in den letzteren Organen ein unabhängiges Recipiren von Eindrücken und Reagiren auf dieselbe bekundet. Ein geköpftes Thier spricht noch auf Reize an, und zwar sind die Bewegungen sogar energischer und ausgedehnter, als wenn der Zusammenhang mit dem Gehirn bestünde. Einen sehr illustrativen Fall berichtet Hunter, der auf die unteren Extremitäten eines Mannes, dessen Rückenmark durchrissen war, Reizmittel anwandte. Als er den Kranken fragte, ob er die Einwirkung spüre, antwortete dieser: „Nein; aber Sie sehen, meine Füße thun es.“ Man erkennt hieraus, dass für die Reflexbewegung nicht die Integrität des Rückenmarks gefordert wird; ja es ist experimentativ nachgewiesen, dass jedes Segment, nach Abtragung aller anderen Partien, in seiner Sphäre auf Reize anspricht und zwar in der Reaction sich nicht auf die Seite beschränkt, von der aus der Reiz einwirkt, sondern auch die Leitung auf die andere Seite überführt, wofern das Rückenmark nicht durch eine Längssection getheilt wurde. Sogar Reize auf das sympathische System können, wenn sie durch eine Partie des Rückenmarkstrangs gehen, unwillkürliche Reflexbewegungen veranlassen, z. B. in den Convulsionen, welche von Endozoen herrühren, in den Krämpfen der Glieder, des Zwerchfells, die auf nicht zur Perception kommende Reizungen innerer Organe folgen. Die mechanischen Acte der Respiration sind, obschon die betreffenden Muskel vom Willen beeinflusst werden können, doch wahre Reflexbewegungen, sofern sie Wirkungen eines meist nicht gefühlten Eindrucks sind und auch im Schlaf vor sich gehen. In die gleiche

Kategorie gehören die Bewegungen eines Schlafenden, der die Glieder umherwirft, eines Apoplectischen, der in seinem bewusstlosen Zustand mit der Hand zum Kopf fährt. — Ist das Segment des Rückenmarkstrangs, mit welchem der Nerv einer gereizten Partie zusammenhängt, zerstört, so findet keine Reflexaction mehr statt; alle Versuche, Respirationsbewegungen künstlich zu induciren, sind vergeblich, sobald man das verlängerte Mark abgetragen hat (Siehe Lebensknoten S. 97).

Automatische Bewegungen.

Im Gegensatz von anderen Muskelbewegungen, die in Folge von äusseren Reizen auftreten, gibt es auch solche, die entweder ohne nachweisbare äussere Reize erfolgen und fortdauern, oder von äusseren Reizen nur in sofern abhängig sind, als letztere höchstens den einmal vorhandenen Rhythmus der Bewegung abändern können. Die Erscheinung selbst nennt man Automatie oder Selbsterregung, und man nimmt an, dass sie dem Einfluss der allgemeinen Ernährung entstamme, daher auch bei gewissen vitalen Vorgängen (Herzschlag, Athmung) rhythmisch auftrete.

B. Specielle Physiologie des Nervensystems.

Es liegt uns nun ob, die Bedeutung der verschiedenen Einzeltheile des Nervensystems zu erforschen, und gliedern unsere Aufgabe nach den Hauptpartieen — Gehirn- und Rückenmarksnerven, Cerobrospinalachse und sympathisches System.

1. Gehirn- und Rückenmarksnerven.

a. Rückenmarksnerven.

Die Rückenmarksnerven unterscheiden sich von den Gehirnnerven dadurch, dass jeder Rückenmarksnerventamm mit zwei Wurzeln von verschiedener (motorischer und sensibler) Dignität entspringt, während die Gehirnnerven meist nur eine einfache Wurzel haben oder, wo sich ihrer einzelne zu einander wie sensible und motorische Wurzeln verhalten, in ihrer schliesslichen Vertheilung Eigenthümlichkeiten zeigen, welche den Rückenmarksnerven abgehen.

Es gibt 31 Paare Rückenmarksnerven, 8 am Hals, 12 am Rücken, 5 im Lenden- und 6 im Sacraltheil des Körpers. Die hintere Wurzel ist die sensible, die vordere die motorische. Noch im Zwischenwirbelloch steht die hintere mit einer ganglionären Anschwellung in Verbindung und tritt nach Durchsetzung derselben mit dem motorischen Strang zu einem Stamm zusammen, der jetzt in allen seinen Verzweigungen einen gemischten Charakter zeigt, bis gegen das periphere Ende hin die Primitivröhrchen wieder isolirt auftreten. Nach der Vereinigung zum gemeinschaft-

lichen Stamm findet zunächst eine Spaltung in zwei Aeste statt, von denen der eine nach vorn läuft, um die Haut und Muskeln an den vorderen Rumpfteilen zu versorgen und die Hals-, Arm-, Lenden- und Sacralgeflechte zu bilden, welche Ausläufer nach den Muskeln und der Haut des Halses und der Gliedmassen entsenden; der hintere Ast versieht die Muskeln und die Haut der hintern Partie des Rumpfes.

Die Rückenmarksnerven vermitteln die Contraction der Muskel des Rumpfs und der Glieder, ertheilen diesen Muskeln die unklare Sensibilität, welche sie besitzen (man kann in einem Muskel herumschneiden, ohne dass dadurch Schmerz veranlasst würde; dagegen ist der Muskel dem Gefühl der Ermüdung und einer Unterscheidung der Widerstände, die er durch seine Contraction zu überwinden hat, zugänglich) und ertheilen der Haut des Rumpfs, der Glieder und der hinteren Kopfpattie ihre Empfänglichkeit für Gefühleindrücke.

b. Gehirnnerven.

Die specifischen Sinnnerven (Seh- und Hörnerven) sprechen nur auf diejenigen Reize an, die in ihrer Sphäre liegen, und entwickeln keine anderen als die ihnen zuständigen Effecte (auf Kneipen z. B. keinen Schmerz, sondern Lichterscheinungen, Geräusche) obschon dagegen intensive Licht- oder Schalleindrücke peinlich unangenehme Empfindungen hervorrufen. Durchschneidung hebt die Effectproduction auf. Beim Riechnerven ist es ungewiss, ob seine Reizung Geruchsensationen veranlasst; so viel aber weiss man, dass er auf keine anderen als auf Geruchseindrücke und zwar hier gleichfalls bis zu einem peinlichen Grade anspricht, ferner dass seine Durchschneidung die Perceptibilität für Geruchseindrücke vernichtet.

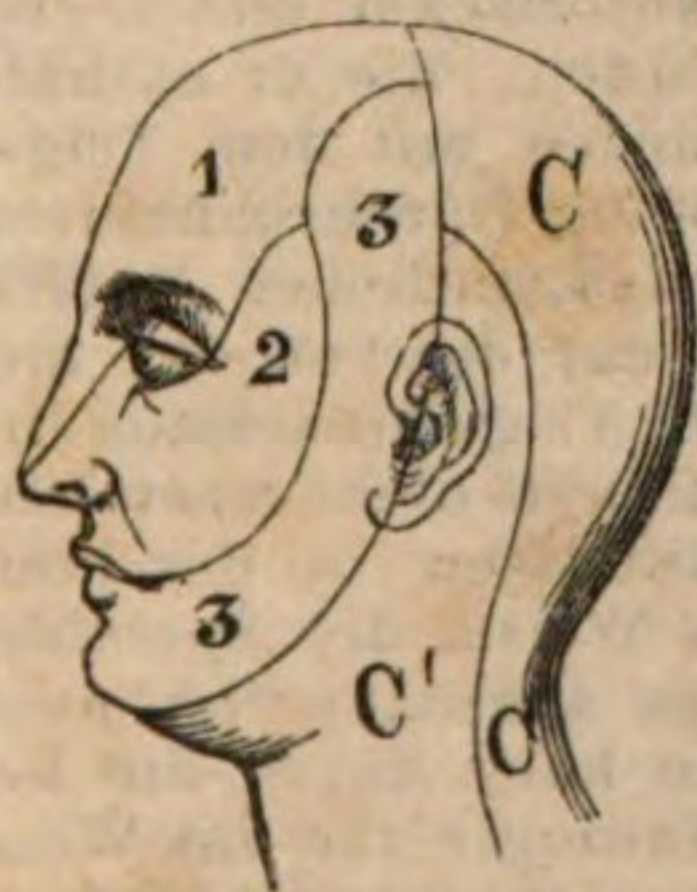
Der Nervus oculomotorius ist motorischer Nerv für alle Muskeln des Augapfels, den äusseren geraden und den oberen schiefen ausgenommen. Seine Verbindung mit dem Ganglion ciliare verleiht ihm auch Einfluss auf den Circularmuskel der Iris, vermittelst dessen er verengernd auf die Pupille einwirken kann. Seine Erregung geschieht entweder durch den Willen oder reflectorisch vom Sehnerven aus. Er enthält auch sensible Fasern; doch weiss man nicht, ob diese ursprünglich beigemischt sind, oder vom Trigemini herrühren.

Der Nervus trochlearis ist motorischer Nerv für einen einzigen Muskel, den oberen schiefen Augenmuskel; auch er enthält sensitive Fasern.

Der N. trigeminus ist ein gemischter Nerv und hat Aehnlichkeit mit den Rückenmarksnerven, sofern er mit zwei Wurzeln entspringt, von welchen die hintere sensitive mit einem Ganglion (G. Gasseri) versehen ist. Die Vereinigung zum gemischten Nerv findet gleichfalls erst hinter dem Knoten statt; doch geht nicht die ganze sensible Partie in die motorische ein, sondern die grössere Portion, welche den Augen- und Oberkieferast bildet, bleibt in ihrem Verlauf Empfindungsnerv. Wir müssen desshalb in den Functionen

der drei Aeste unterscheiden, wie sie sich bei Durchschnitten der betreffenden sensitiven Partieen an lebenden, und bei Reizung der motorischen Wurzel an enthirnten Thieren ergeben haben. Der obere (Augen-) Ast verleiht dem Augapfel, der Conjunctiva, der Schleimhaut der Nase und ihrer Sinuse, der Stirnhaut und dem Scheiteltheil der Kopfschwarte, dem obern Augenlid und dem vordern Theil der Nase Sensibilität. Der zweite (Oberkiefer-) Ast besorgt den gleichen Dienst für die Schleimhaut der Nase, der Eustachischen Röhre, der obern Schlundpartie, des Gaumensegels und Gaumengewölbs, für das Zahnfleisch, die Zähne, die hintere Nasenpartie und die Wange bis zu den Lippen. Der dritte (Unterkiefer-) Ast macht die Haut der Schläfen, des äussern Ohrs, den untern Theil des Gesichts, den Boden der Mundhöhle und die zwei vorderen Drittheile der Zunge sensibel, vermittelt aber auch durch seine motorischen Fasern die Contractilität der Schläfen- und Kaumuskel, der innern und äussern Flügelbeinmuskeln, der vorderen Bäuche des Digastricus, des Mylohyoideus und des Gaumensegelspanners. Kurz, alle Haut- und Schleimhautpartieen des Kopfs verdanken dem Trigeminus ihre Sensibilität, während eine Gruppe von beim Kauen thätiger Muskel von seiner motorischen Wurzel abhängig ist. Fig. 50 gibt die

Fig. 50.



Kopfgegenden für die 3 Aeste des Trigeminus in den entsprechenden Zahlen an; die mit C und C' bezeichneten Partieen gehören in den Bereich der hinteren und vorderen Cervicalnerven. — Wenn der Trigeminus am Thier in der Schädelhöhle durchschnitten wird, so hört nicht nur in den von ihm versorgten Partieen Empfindung und Bewegung auf, sondern meist wird nach einigen Tagen auch die Cornea verdunkelt; es bilden sich bisweilen Geschwüre, und das Auge läuft aus. Man hat diesen Erfolg in einer Auf-

hebung der durch das Ganglion ciliare vermittelten Einwirkung des Trigeminus auf die Ernährungsfunctionen des Auges gesucht; da jedoch die Entzündung ausbleibt, wenn man dem Versuchsthier (einem Kaninchen z. B.) das Ohr vor das Auge näht und es damit durch eine empfindliche Decke schützt, so erscheint die Erklärung plausibler, dass der Augenbulbus deshalb leidet, weil er um seiner Unempfindlichkeit willen keine Reflexbewegungen zu Abwehr oder Beseitigung äusserer Schädlichkeiten eintreten lässt. Eine ständige Erscheinung nach Durchschneidung des Trigeminus in der Schädelhöhle ist die Verengerung der Iris, die sich jedoch allmählig mindert; sie erklärt sich aus einer Lähmung der Radialfasern der Iris, die unter dem Einfluss des mit dem Trigeminus verbundenen Ganglion ciliare stehen, während durch dasselbe Ganglion der N. oculomotorius auf die Ringfasern zu

wirken fortfährt. Nach derselben Operation wird häufig die Schleimhaut der Nase roth, weich, blutet leicht, und der Geruch scheint sich abzuschwächen; ebenso leidet neben der Tastempfindlichkeit der Zungenspitze auch ihre Geschmackssensibilität, da der Lingualzweig des Unterkieferasts theilweise Geschmacksnerv ist. Da die Parotis unmittelbar Fäden erhält vom N. auriculotemporalis des Unterkieferasts und die Submaxillar- und Sublingualdrüsen von dem in der Bahn des gleichen Asts liegenden Ganglion submaxillare und Ganglion sublinguale erhalten, so begreift man wohl, dass eine Durchschneidung des Trigeminus sich in einer Verminderung, Reizung desselben in einer Vermehrung der Speichelabsonderung kundgeben muss. Hiebei kommt auch das Quale der Secretion in Betracht. Die gereizten secretorischen Nerven-fibrillen des N. trigeminus und des N. facialis haben nämlich die Eigenthümlichkeit, die Zuführungsgefäße der Speicheldrüsen zu erweitern und die Thätigkeit dieser Drüsen in einer Art zu spornen, dass sie ein reichliches aber dünnflüssiges Produkt liefern — im Gegensatz von den secretorischen Nervenfasern des Sympathicus, welche die Zufuhrgefäße verengen und im Reizzustand Anlass zur Secretion eines nicht copiosen, dafür aber sehr dichten, fast gallertartigen Speichels geben.

Der N. abducens ist rein motorischer Nerv für den äusseren geraden Augenmuskel.

Der N. facialis ist rein motorischer und secretorischer Nerv; die sensiblen Fäden, die er enthält, werden ihm durch die Anastomosen mit dem Trigeminus und Vagus zugeführt. Seine Durchschneidung oder Lähmung erzeugt Lähmung sämtlicher Antlitzmuskeln (Prosopoplegie), wobei nur die von den motorischen Fibrillen des dritten Trigeminusastes influenzirten Kaumuskeln ihre Thätigkeit nicht einstellen. Die secretorischen Fasern beeinflussen in der beim Trigeminus näher angedeuteten Weise die Speicheldrüsen. Ist durch Lähmung des Antlitznerven auch der Augenringmuskel gelähmt, so kann durch die Bewegung des Auges selbst eine Analogie für das Wimperpiel hergestellt werden, aber nicht mit dem Effect, dass sich die Thränen über den Augapfel ausbreiten; letztere fließen gegen die Wange ab, und die Bindehaut des Auges geräth wegen des beharrlichen Contacts mit der Luft in einen Zustand chronischer Entzündung.

Der N. glossopharyngeus ist ein gemischter Nerv, dessen spärliche motorische Fasern zu den Mm. levator palati mollis, azygos uvulae, constrictor faurium medius und stylopharyngeus gehen; die sensiblen Fäden sind Tast- und Geschmacksnerven, die sich in der Schleimhaut der Zungenwurzel und des rechten Gaumens verbreiten.

Der N. vagus ist von seinem cephalischen Ursprung an gemischter Nerv, der seine motorischen Wurzeln nicht dem N. accessorius verdankt, wie man aus den Contraktionen der Schlund-, Speiseröhre- und Magenmuskeln nach Reizung des Nerven innerhalb des Schädels, ehe er noch Anastomosen von anderen Ner-

ven aufgenommen hat, ersehen kann. Die sensitiven Eigenschaften äussern sich in Hunger und Durst, Sättigungsgefühl, Athmungsbedürfniss, Beklemmung, Schmerz u. s. w. Trennung des Vagus am Hals auf beiden Seiten ist absolut tödtlich in Folge von Asphyxie, die nach einigen Stunden oder Tagen eintritt. Die Erscheinungen, welche man hiebei beobachtet, erklären die physiologischen Thätigkeiten der einzelnen Vagusäste, obschon man dabei nicht ausser Acht lassen darf, dass dann auch bereits der innere Strang des Accessorius, wie auch einige anastomotische Fäden vom Glossopharyngeus und Hypoglossus aufgenommen sind. Die Empfindlichkeit der Kehlkopf- und Luftröhrenschleimhaut erlischt und damit jegliche Reflexbewegung, z. B. Husten, während die Stimme wegen Erschlaffung der Stimmritzenbänder heiser und matt wird oder ganz versagt. Die Inspirationsbewegungen werden langsamer, und es tritt eine Athemnoth ein, die sich bei jungen Thieren schnell bis zur Erstickung steigert, weil bei ihnen die geringe Entwicklung der Giessbeckenfortsätze und die Nachgiebigkeit aller Kehlkopftheile während der Einwirkung des Inspirationsluftstroms auf die spannungslosen Stimmblätter einen Verschluss auch der InterarytenoidalgloTTis begünstigt, die bei ältern Thieren offen bleibt; man macht daher an Versuchsthieren, die man länger beobachten will, unter dem Kehlkopf in die Luftröhre ein Loch, das man durch eine Canüle offen hält. In den Lungen selbst entsteht Hyperämie, Apoplexie und Infiltration mit wässerigem Fluidum; die Bronchien füllen sich mit Schleim, welcher den Zutritt der Luft zu den Lungenbläschen hindert und durch Beeinträchtigung des Gasaustausches eine allmählig sich entwickelnde Asphyxie herbeiführt (cfr. S. 97). Eine Reizung des centralen Vagusendes am Hals beschleunigt die Inspirationsbewegungen bis zur tetanischen Inspiration. — Im Verdauungssystem bemerkt man Lähmung des unteren Theils der Speiseröhre, daher Unvermögen zu schlucken, indem das Eingebachte auf halbem Weg stecken bleibt und durch Erbrechen wieder ausgeworfen wird, um, neuerdings verschlungen, wiederholt dasselbe Schicksal zu haben; im Magen selbst werden die Speisen nicht mehr umhergetrieben und nur die oberflächlichen Schichten in Chymus umgewandelt, da die Aussonderung des Magensafts nur gemindert, keineswegs aber aufgehoben wird; die Magenabsorption dagegen, wie man aus dem Verschwinden injicirter nährenden Flüssigkeiten ersieht, nimmt ihren ungestörten Fortgang. Durch Knüpfer und Ludwig ist die bethätigende Einwirkung des Vagus auf die Bewegung des Dünn- und Dickdarms sicher gestellt worden. — Beiderseitige Durchschneidung des Vagus hat eine merkliche Beschleunigung des Herzschlages zur Folge. Reizung des peripherischen Durchschnittpunktes vermindert die Zahl der Herzschläge und kann selbst Stillstand des Herzens bewirken. Henle hat an der Leiche eines Hingerichteten 15 Minuten nach dem tödtlichen Streich mittelst Application eines Stroms des Rotationsapparats auf den linken Vagus das Herzatrium, welches noch 60—70 Contra-

tionen in der Minute zeigte, plötzlich im Expansionszustand zum Stillstand gebracht; Stromleitung durch den Sympathicus rief die Bewegung wieder hervor. Man hat daraus gefolgert, dass der Vagus antagonistisch gegen den Sympathicus wirke und gegen denselben rhythmisch einen Hemmungseffekt übe; doch ist dies nicht als eine sichere Thatsache zu betrachten, da schwache Reizungen des Vagus oder die Einwirkung von Reizen auf den abgestumpften Nerven eher Beschleunigung des Herzschlags zur Folge haben (cfr. S. 74). — Nach Durchschneidung des Vagus zu beiden Seiten des Halses hört allmählig in der Leber die Zuckerbereitung auf, kann aber durch Reizung des peripherischen sowohl, als des centralen Endes zeitweilig wieder hergestellt werden; in letzterem Fall muss man annehmen, dass die Leitung durch das verlängerte Mark und den grossen Sympathicus vermittelt wird.

Der N. accessorius Willisii, der mit vielen Insertionsfäden an den Seitentheilen des verlängerten Marks und des Rückenmarks entspringt, kann nicht als eine zum Vagus gehörige motorische Wurzel betrachtet werden, denn er ist an sich ein gemischter Nerv, dessen motorische Fibrillen vom Rückenmark und verlängerten Mark ausgehen, die Beimengung der sensiblen aber mit anhaftenden halbseitigen Ganglien vom verlängerten Mark stammt. Da seine Durchschneidung von der Schädelhöhle aus um des multiplen Ursprungs willen Verstümmelungen nöthig macht, welchen das Versuchsthier in wenigen Augenblicken erliegt, so hat Bernard für das Studium seiner Funktionen das Ausreissen empfohlen, durch das eine vollständige Ausrottung erzielt und keine künstliche Luftröhrenfistel zur Erhaltung der Respiration nöthig wird. Das Versuchsthier überlebt die Operation, welche die unter dem Einfluss des Vagus stehende Bewegungen, die Athmung z. B. nicht beeinträchtigt; dagegen wird das Schlingen behindert und bei beiderseitiger Ausrottung die Stimmbildung aufgehoben, so dass bei den Versuchen, Laut zu geben, nur ein expiratorisches Blasegeräusch entsteht. Die einseitige Ausrottung bewirkt ein Rauwerden der Stimme. Daraus folgert man, dass die Fäden des Accessorius, welche zum Kehlkopf gehen, die Bestimmung haben, die Oeffnung der Glottis und die Spannung der Stimmbänder für den Moment, in welchem die Glottis nach dem Willen des Thiers Stimmorgan wird, in die tongerechten Bedingungen zu versetzen. Da der Kehlkopf aber zugleich Respirationsorgan ist, so alternirt der Einfluss der motorischen Fibrillen des Vagus mit dem des Beinerven. — Das Schlingen wird nur erschwert, nicht aber unmöglich gemacht, weil der Einfluss der vom Vagus und Glossopharyngeus kommenden Zweige fortbesteht. — Durchschneidung des hinteren Zweigs bewirkt eine partielle Lähmung des M. cucullaris und sternocleidomastoideus (keine vollständige, weil diese Muskeln auch Zweige von den Hals- und Armgeflechten erhalten), in deren Folge die Fixirung des Brustkorbs und damit die respiratorische Bewegung dieser Muskel beeinträchtigt wird.

Der N. hypoglossus ist rein motorischer Nerv und wird erst sensitiv, wenn sich Anastomosen von den Cervicalnerven vom Vagus und vom Lingualis mit ihm verbinden. Seine Durchschneidung lähmt sämtliche Zungenmuskeln, während die Empfänglichkeit der Zunge für Geschmacks- und Tasteindrücke fortbesteht.

2. Cerebrospinalachse.

In ihr sehen wir zum Unterschied von dem faserigen Bau der bisher betrachteten Nerven die graue Substanz oder jene zelligen Gebilde auftreten, die wir, obschon sie gegen directe Reizung sich unempfindlich verhalten, als die centralen Recipienten der sensitiven Eindrücke ansehen und dabei der erklärenden Vermuthung Raum geben müssen, dass sie vielleicht durch ihre Verbindungen unter sich und ihre in markhaltige oder marklose Fibrillen übergehenden Ausläufer die Leitung in oder nach dem Gehirn, beziehungsweise in verschiedenen Richtungen die Ueberleitung in die motorische Sphäre besorgen. Wie dies geschieht, ist allerdings unklar, da man in der grauen Substanz weder einen erhöhten Oxydationsprocess mit entsprechender Wärmebildung, noch Electricitätserscheinungen wahrnimmt, die sich bei der Prüfung eines Stücks Rückenmark z. B. nicht auf die darin enthaltenen Fibrillen zurückbeziehen liessen; dessgleichen scheint in der chemischen Zusammensetzung der beiden Substanzen keine wesentliche Differenz zu bestehen.

Die graue Masse, welche im Rückenmark, in der Brücke und den Sehhügeln, die centrale ausmacht, tritt in den übrigen Partien des Gehirns nur in gewissen Streifen oder Inseln central auf, während sie sich im übrigen hauptsächlich als Rindensubstanz darstellt. Die Menge der aus Nervenröhrchen bestehenden weissen Substanz ist viel grösser als die im Rückenmark und könnte nur dann als eine Fortsetzung der von letzterem ausgehenden Primitivfibrillen betrachtet werden, wenn diese im Gehirn zahlreiche Windungen machten; allein von solchen Windungen ist nichts bemerkt worden, und man ist um so mehr befugt, die Gehirnfibrillen grossentheils als Communicationen unter den Gehirnzellen selbst anzusehen, da (cfr. S. 198) auch die Summe der im Rückenmark eingehenden Empfindungs- und Bewegungsfibrillen viel grösser ist als diejenige, welche durch das verlängerte Mark ins Gehirn eingeht.

Die Cerebrospinalachse besitzt drei schützende Membranen. Die fibrose, nur wenig empfindliche Dura mater bildet im Schädel zugleich das innere Periost, liegt dagegen im Rückenmark loser an, um die Beweglichkeit nicht zu beeinträchtigen; im Schädel bildet sie von den Knochen gestützte starke Scheidewände, um bei den Erschütterungen der Ortsbewegung die verschiedenen Gehirnthteile in ihrer Lage zu erhalten, stellt für die venöse Circulation die Sinuse her und versieht jeden Nerv bei seinem Austritt aus der Centralhöhle mit einer Scheide. Die Arachnoidea ist eine seröse Haut, deren parietales, der Dura mater

anhaftendes Blatt nach Luschka bis auf den Epithelüberzug geschwunden ist; das viscerele, das mit dem vorigen nur eine geringe Menge Flüssigkeit einschliesst und im Fötus durch den Bichatschen Kanal eingeht, um die Ventrikel auszukleiden, haftet in der Schädelhöhle den Erhebungen des Gehirns fest an und bildet über die Vertiefungen ein zusammenhängendes Brückensystem (die mit der cephalorachidischen Flüssigkeit gefüllten Subarachnealräume), während es in der Wirbelsäule das Rückenmark nur lose umgibt, so dass der Subarachnealraum einen mit den gleichnamigen Gehirnräumen zusammenhängenden, von Flüssigkeit erfüllten Kanal bildet, in dessen Achse das Rückenmark wie der Embryo im Fruchtwasser schwimmt. Die Pia mater ist die Gefässhaut des Centralorgans, welche allen den Vertiefungen der Oberfläche folgt, Capillargefässe in das Markgewebe entsendet und die cephalorachidische Flüssigkeit absondert. Die letztere, welche weit ansehnlicher ist, als die in der Arachnealhöhlung enthaltene, beträgt gemeiniglich mehr als zwei Unzen, reagirt alkalisch und ist leicht albuminös; ihre Masse steht im umgekehrten Verhältniss zu der Blutmenge oder dem Umfang des Centralorgans und übt desshalb nach Art eines Luftpolsters einen compensirenden Druck auf die eingeschlossenen Organe und ihre Ausläufer, während sie zugleich die Berührung mit den starren Knochenwandungen hindert und so weit wie ein Ligamentum suspensorium von der gleichmässigsten Wirkung agirt. Wird sie durch Punktation der Arachnoidea entfernt, so ist sie nach 24 Stunden schon wieder durch die Pia mater ersetzt; auch kann man durch Injection von Arzneistoffen auf diesem Weg am schnellsten auf das Nervensystem einwirken. Ihr Abfluss durch das Ohr ist gelegentlich die Wirkung von Fractur der Schädelbasis und ein sehr schlimmes Zeichen.

Der Umstand, dass die nicht stramm gefüllten Räume der cephalorachidischen Flüssigkeit in Gehirn und Rückenmark mit einander communiciren, kommt auch, da er zum Ausweichen Gelegenheit gibt, den Bewegungen zu statten, welche man an diesen Centraltheilen während des Lebens wahrnimmt. Diese Bewegungen sind rein passiver Natur (von anderen weiss man nichts). Während des Ausathmens füllen sich nämlich die venösen Sinuse der Dura mater mehr mit Blut und geben damit Anlass zu einer Hebung des Gehirns, während dieses wieder einsinkt, wenn bei der Expiration eine grössere Blutmenge in der erweiterten Brusthöhle Aufnahme findet. Ebenso hebt sich bei grösseren Thieren das Gehirn während der Kammernsystole, welche frische Blutwellen in die Arterien eintreibt.

Der Einfluss des Bluts auf die Centralorgane ist von grosser Wichtigkeit, indem eine Unterbindung der zum Gehirn führenden Arterien schnell den Tod herbeiführt und Thiere die Operation nur dann überleben, wenn die Blutzufuhr durch eine Collateralbahn hergestellt werden kann (nach Unterbindung der Carotiden durch die Arterien des Rückenmarks und die aufsteigenden Schlund- und Halsarterien). Ruptur des Her-

zens oder der Aorta hat, weil sie den Bluteinfluss auf die Cerebrospinalachse aufhebt, fast plötzlichen Tod zur Folge. Es ist die Frage aufgeworfen, ob ein abgeschlagenes Haupt noch Empfindungen zum Bewusstsein bringe, und man glaubt darauf verneinend antworten zu dürfen, weil der Blutreiz fehle. Ein solches Haupt spricht sicherlich auf Reize noch an, und es ergibt sich daraus ein zeitweiliges Fortbestehen der Erregbarkeit; warum aber die Fibrillen der Hämisphären weniger reizempfindlich sein sollen, als diejenigen, welche, gleichfalls des Blutreizes entbehrend, einfach der Reflexaction dienen — dies ist ein Punkt, der experimentativ nicht zur Erledigung kommen kann. Man kennt Zustände von Scheintod, in welchen die Befallenen ein peinliches Bewusstsein bewahrten.

a. Das Rückenmark.

Das Rückenmark besteht aus einem Strang, der nach vorn das ganze Mark entlang einen tiefen Einschnitt, nach hinten aber eine seichte Furche zeigt, also in zwei seitliche Hälften abgetheilt werden kann,

Fig. 51.



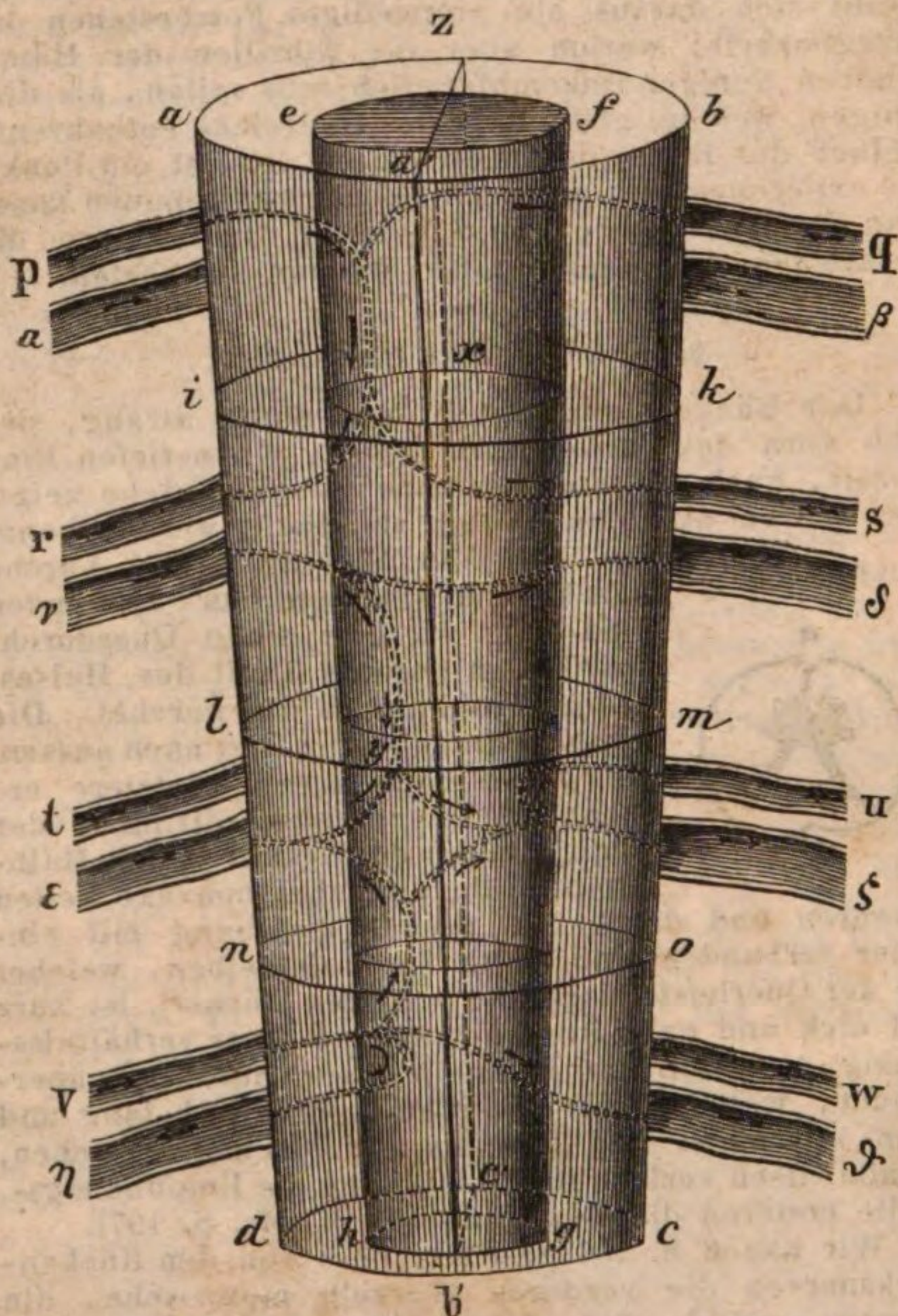
die zwischen Einschnitt und Furche durch eine Quercomissur verbunden sind (Fig. 51 gibt einen Querdurchschnitt am unteren Theil des Halses, a den Einschnitt, b die Furche). Die weisse Marksubstanz liegt nach aussen, die graue nach innen; letztere erscheint im Querdurchschnitt mehr oder weniger unter der Gestalt zweier Halbmonde, die sich ihre convexe Seiten

zukehren und durch ein graues Querband mit einander verbunden sind. Der Theil derselben, welcher vor der Querleiste liegt (die vorderen Hörner), ist kurz und dick und nach aussen noch von einer verhältnissmässig ansehnlichen Masse weisser Substanz überkleidet, während die hinteren Hörner sich lang und dünn ausziehen und fast bis zur Pia mater reichen. Jacobowitsch verlegt in die letzteren die Empfindungs-, in die ersteren die Bewegungszellen (cfr. S. 197).

Wir haben S. 206 gesehen, dass von den Rückenmarksnerven die vorderen Wurzeln motorische, die hinteren sensible sind, ferner dass zu bewusster Empfindung und Bewegung der Zusammenhang mit dem Grosshirn erfordert wird. Auch ist uns aus der Lehre von der Reflexbewegung (S. 213) klar geworden, dass das Rückenmark eine vom Gehirn unabhängige, selbstständige Bewegungs- und Sensibilitätssphäre besitzt. Wir mögen uns die Vorgänge dabei, da sie die Mitwirkung des centralen Nervensystems und zwar wahrscheinlich immer die der grauen Substanz voraussetzen, aus dem schematischen Umriss nach Valentin (Fig. 52) deuten. Sei η eine sensitive Faser, die in der Haut eines Gliedes endigt, so geht die centrale Erregung derselben bis in die graue Masse efgh des Rückenmarks abcd; sie kann hier entweder nur die benachbarte motorische Faser v oder die entsprechende paarige motorische Faser der andern Seite $\mathfrak{D}$, oder

überdies noch entfernte Bewegungsfasern ε, ζ in Thätigkeit versetzen. Die punktirten Doppellinien und die Pfeile zeigen die Richtungen, nicht aber die einzelnen Fortpflanzungsbahnen der Reize diagrammatisch

Fig. 52.



an. Man kann sich daraus auch klar machen, wie ein jedes Segment des Rückenmarks deon, nolm u. s. w. gewisser Reflexbewegungen fähig ist, nicht aber in die Sphäre eines Nachbarsegments, das durch den Querschnitt von ihm geschieden ist, überzugreifen vermag. Einseitige oder überhaupt unvollständige Querschnitte, die noch eine Zwischenbrücke grauer Substanz übrig lassen, heben die Möglichkeit einer der Länge nach gehenden Mittheilung nicht auf. — Wir müssen hier noch einer Erscheinung erwähnen, die in der Kreuzung der Fasern ihren Grund hat. Wenn man in der Rückenpartie die Hälfte des Marks durchschneidet, so wirkt der Wille nicht mehr auf die Muskeln, die in der beschädigten Körperhälfte unterhalb des Schnitts liegen, dagegen empfindet das Versuchsthier noch fortwährend in dieser Richtung

Schmerz. Umgekehrt verhält sich die Sache in der entgegengesetzten Hälfte, in welcher die Sensibilitätsleitung unterbrochen ist, die der bewussten Bewegung aber fortbesteht. Führt man nun an demselben Versuchthier einen hälftigen Querschnitt auf der entgegengesetzten Seite in der Halsregion, so geht die nach dem ersten Schnitt zurückgebliebene Sensibilität verloren. Wird in der Lendengegend das Mark von der hinteren Furche an bis zum vorderen Spalt quer durchschnitten und somit eine Trennung allersensitiven Fasern, die von den hinteren Extremitäten herkommen, herbeigeführt, so erscheint in den Hintergliedern wohl die Empfindungsfähigkeit aufgehoben, doch stehen ihre Bewegungen noch immer unter dem Einfluss des Willens. Daraus folgert Brown-Séguard, dass die sensitiven Fasern der hintern Wurzeln, eh sie gegen das Gehirn aufsteigen, nach der entgegengesetzten Seite der grauen Substanz hinüber gehen, während bei den motorischen Fasern der vorderen Wurzeln eine solche Kreuzung erst stattfindet, wenn sie in dem verlängerten Mark und in dem Pons anlangen. Die anatomisch erwiesene Kreuzung der Pyramidenfasern gehört nicht hieher, weil die Pyramiden keine Fortsetzung der motorischen Rückenmarkstränge sind. Aus dieser Kreuzung erklärt sich auch die Erscheinung, dass nach manchen Rückenmarksbeschädigungen das eine Glied Paralyse, das andere Anästhesie zeigt. — Schneidet man das Rückenmark in der Mitte $z a' b' c'$ der Länge nach durch, so wird die Möglichkeit der Querleitung, nicht aber die der Längsleitung aufgehoben. Empfindungsreize, welche am Frosch die sensible Faser q der Haut des rechten Vorderbeins treffen, können noch Reflexbewegungen in diesem und im nächsten Hinterbein durch β und δ , nicht aber in den Extremitäten der linken Seite durch p und r hervorrufen, während der nicht enthauptete Frosch trotz des gespaltenen Rückenmarks noch alle vier Glieder willkürlich bewegen kann. Führt man den Längsschnitt weiter nach aussen, so hängt viel davon ab, ob er noch in der grauen oder bloss in der weissen Substanz verläuft; im ersteren Fall ist die Möglichkeit der Längseinteilung noch vorhanden, im letzteren nicht, woraus folgt, dass die Uebertragung die Anwesenheit grauer Masse als Bedingungsglied voransetzt.

Säugethiere können nach völliger Entfernung des Rückenmarks noch 24, 36 — 48 Stunden leben, wenn man Vorsorge gegen die Blutung trifft. Partielle Ausrottungen werden oft sehr lange ertragen, und namentlich scheinen Vögel nicht anders als an Verlust der Sensibilitäts- und Bewegungsfähigkeit der entsprechenden Theile zu leiden. Schneller tritt der Tod ein, wo man ohne Rücksicht auf die gesetzten Blutverluste das Mark einfach mit einem Zerstörungsinstrument (wie Le Gallois mit einem Stilett) behandelt. Nach den Erfahrungen dieses Experimentators trat auf Zerstörung des Marks in der Lendengegend beim Kaninchen der Tod nach $3\frac{1}{2}$ Stunden ein, und der Zwischenraum zwischen der Operation und diesem Erfolg wurde um so kürzer, je näher die Zerstörung dem Hals rückte.

Zerstörung des ganzen Rückenmarks durch dasselbe Verfahren hatte fast augenblicklichen Tod zur Folge. Wohl machten die Herzbewegungen noch eine Weile fort, aber so kraftlos, dass sie die Circulation nicht zu unterhalten vermochten. Wenn man durch das Rückenmark eines frisch enthaupteten Thiers einen starken Inductionsstrom leitet, so gewinnen die Herzcontractionen eine grosse Energie, und man kann daraus den Schluss ziehen, dass das Herz wenigstens einen Theil seines Thätigkeitsprincips dem Rückenmark verdanke unter Vermittlung des grossen Sympathicus, der die einzige directe Verbindung zwischen diesen beiden Organen herstellt.

Electrische Reizung des Rückenmarks an frisch geköpften Thieren bewirkt ferner Beschleunigung der Contractionen des Dünn- und Dickdarms, der Ureteren, der Blase, augenscheinlich gleichfalls durch Vermittlung des Sympathicus, durch welchen das Rückenmark ausserdem noch verschiedene Ernährungs- und Secretionserscheinungen influenzirt.

b. Das verlängerte Mark.

ist wie das Rückenmark, dessen Fortsetzung es bildet, Leiter sensitiver Eindrücke und motorischer Anregungen, deren letztere er wegen der successiven Kreuzung der motorischen Fasern in der Mittellinie des verlängerten Marks und der Brücke, welche in den Grosshirnstielen beendigt auftritt, nach Gemässheit dieser Anordnung fortpflanzt. In Folge davon sieht man bei Verletzungen des Gehirns mit Zerstörung empfindender oder bewegender Fasern stets Lähmung in der entgegengesetzten Körperhälfte erfolgen, während die Lähmung derjenigen Theile, deren Nerven direct vom Gehirn ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten, so z. B. linkseitige Lähmung der Gliedmassen und rechtseitige Lähmung des Antlitznerven bei Extravasaten in der rechten Hirnhälfte.

Die Sonderung sensitiver und motorischer Leitung ist im verlängerten Mark nicht so streng geschieden, wie im Rückenmark, obschon auch hier noch in den hinteren Strängen, den strickförmigen Körpern, das sensible Element deutlich vorherrscht.

Die Eigenthätigkeit des verlängerten Marks gibt sich in ihrem entschiedenen Vermögen, Reflexbewegungen einzuleiten, zu erkennen, und es tritt diese Eigenthümlichkeit namentlich in dem Einfluss ans Licht, welchen diese Partie des Centralnervensystems auf die Respiration übt. In ihr, an der Spitze des Calamus scriptorius und zwar nur eine kleine Stelle einnehmend, liegt der sogenannte Lebensknoten (cfr. S. 97), über dem man das ganze grosse und kleine Gehirn schichtenweise abtragen kann, ohne dass die Athembewegungen vernichtet werden; ebenso lässt sich das Rückenmark von unten an schichtenweise durchschneiden mit dem einfachen Erfolg, dass die Athembewegungen der von den betreffenden Rückenmarksnerven versorgten Rumpfmuskeln sistiren. Schiff bestätigte die Vermuthung C. Bells, dass in den Seitensträngen die Leitbahnen für die Athembewegungen

(Respirationstractus) enthalten seien. Quertheilung am Ende des Calamus scriptorius hebt die Athembewegungen plötzlich auf; sie gehen aber fort, wenn man das verlängerte Mark in zwei symmetrische seitliche Hälften spaltet, ein Beweis, dass jede Körperhälfte ein eigenes Respirationscentrum besitzt. Diese Centra, welche nicht die ganze Dicke des Marks einnehmen, da man die Corpora restiformia und die Pyramiden abtragen kann, ohne die Athembewegungen zu beeinträchtigen, sind durch graue Zwischenmasse verbunden und liegen zunächst hinter der Austrittsstelle der Vagi. Reizung des verlängerten Marks mindert die Zahl der Athemzüge; Hirndruck übt dieselbe Wirkung. Ueber das Athmen als Reflexaction vergleiche S. 97 u. 169. Von manchen wird das Athmen als automatischer Bewegungsvorgang aufgefasst (S. 169).

Man glaubt, dass auch die Schlingbewegungen wie die der Athmung einen ordnenden Centralknoten besitzen, der im verlängerten Mark zu suchen wäre und sich ganz in der Nähe des Lebensknotens befände; seine Oertlichkeit ist übrigens noch nicht genau ermittelt.

Am Herzen bewirkt ein durch das verlängerte Mark geleiteter Inductionsstrom zeitweiliges Aufhören des Pulses wie nach Reizung der Vagus; Zerstörung hat Minderung und Abschwächung zur Folge.

Die Zuckerbereitung in der Leber, die von einer Durchschneidung der Vagi unterbrochen wird, steigert sich durch Punctation des verlängerten Marks bis zum Auftreten von Zucker im Urin (cfr. S. 125).

Das verlängerte Mark wird ferner als Centrum für bilaterale epileptische Krämpfe angesehen. Solche treten nämlich ein, wenn man den arteriellen Blutzufluss gegen das Gehirn durch Unterbindung der vier Hauptarterien (Carotiden und Vertebrales) hemmt, und lassen nach, wenn die Ligatur gelöst wird; da sie nun unter den gegebenen Bedingungen auch nach Entfernung aller vorderen Hirntheile auftreten und durch Entfernung der Gehirnstiele und der Vierhügel nur einigermaßen abgeschwächt werden, so glaubt man ihr Centrum ins verlängerte Mark verlegen zu müssen (automatische Bewegung).

c. Das kleine Gehirn.

Die Experimente von Magendie und Flourens haben bewiesen, dass die Functionen des Kleinhirns in engerer Beziehung zur Bewegung als zu irgend einer anderen nervösen Eigenschaft stehen. Man kann es bei Tauben abtragen, ohne dass sie Schmerz äussern, dagegen werden die Bewegungen des Thiers hastig und unregelmässig, so dass in das Stehen, Gehen oder Fliegen des Thiers keine Harmonie, kein Gleichgewicht zu bringen ist; es geberdet sich wie trunken. Man hat desshalb das kleine Gehirn als das Coordinationsorgan der Körperbewegungen angesehen. Wird nur die eine Hälfte abgetragen, so dreht sich das Thier mehrere Tage lang bis zu 60malen in der Minute von der beschädigten Seite aus nach der

gesunden hin, in welcher die Energie der Bewegungserscheinungen fortbesteht, im Kreis; doch hat nach Brown-Séguard eine Durchschneidung des Gehörnerven dieselbe Wirkung. Serres hat ähnliche Bewegungen bei einem Mann wahrgenommen, bei dem sich ein apoplectisches Exsudat im Crus cerebelli befand und Belhomme berichtet etwas ähnliches von einem Weib, bei der eine Exostose auf dieselbe Stelle einen Druck übte. Combette referirt über das Fehlen des Kleinhirns bei einem 11jährigen Mädchen (das Grosshirn war normal entwickelt): unsicherer Gang und schwach entwickelte intellectuelle Vermögen neben unbeeinträchtigten Sinnesauffassungen. — Die Gallische Anschauung, dass das kleine Gehirn das nervöse Centralorgan für den Geschlechtstrieb sei, lässt sich physiologisch nicht begründen, denn wenn man auch auf Reizung desselben Zusammenziehungen in den Muskelfasern des Samenstrangs und des Uterus bemerkte, so hängt die grössere Geschlechtsthätigkeit doch nicht von der Grösse des Kleinhirns ab, da im Gegentheil das Grosshirn hierauf Einfluss zu haben scheint (siehe später unter Grosshirn Flourens Huhn). Bei kastrierten Thieren entwickelt sich das Cerebellum gerade so wie bei andern; nach Flourens setzte ein Hahn, dem das kleine Gehirn ausgeschnitten war, dem Huhn nach, und ein Mädchen, das dieses Gehirnstheils vermöge eines angeborenen Bildungsfehlers entbehrte, war gleichwohl eine grosse Liebhaberin des Begattungsacts.

Directe Reizung des kleinen Gehirns hat Zusammenziehung in vielen muskulösen Organen, namentlich solchen, die dem vegetativen Leben angehören (Magen, Blinddarm) zur Folge.

Eine Durchschneidung des Crura cerebelli ad Medullam oblongatam (Fortsetzung der strickförmigen Körper) bewirkt, dass das Thier sich bogenförmig nach der Seite hin krümmt, auf welcher die Verletzung vollzogen wurde (Lähmung auf der entgegengesetzten Seite). — Trennung der Crura cerebelli ad testes, einseitig oder beiderseits vollbracht, hat keine rein auf die Bewegungssphäre bezügliche Wirkungen zur Folge.

d. Die Varolsbrücke,

welche das verlängerte Mark fortsetzt und durch eine untere, respective vordere Querfaserschicht eine Verbindung mit dem kleinen Gehirn (durch die Crura cerebelli ad pontem) herstellt, zeigt in der darüber lagernden Partie eine Masse grauer Substanz, die in der Längsrichtung von dem verlängerten Mark her durch die zu den Grosshirnstielen laufenden Fasern durchsetzt wird. Reizung der tiefer gelegenen Partien bewirkt in verschiedenen Körpertheilen Muskelcontractionen und bei Thieren, deren Gehirn nicht abgetragen ist, unzweifelhafte Sensibilitätserscheinungen. Die Brücke ist sonach sensitiver und motorischer Leiter, zugleich aber auch eigenthätig, wie aus den Reflexbewegungen hervorgeht, die nach abgetragensem grossem und kleinem Gehirn weit energischer auf-

treten, als wenn man dem Thier bloss das verlängerte Mark und das Rückenmark allein lässt. Man hat zu beweisen versucht, dass die Brücke der Mittelpunkt für die Perception der Sensibilitätseindrücke im allgemeinen und somit der Ausgangspunkt der Anregung für die willkürlichen Bewegungen der Ortsveränderung sei; allein die Erscheinungen, auf welche die Argumentation sich gründet, lassen sich ebenso gut auf eine einfache Reflexaction zurückführen. Eine Durchschneidung der zum Kleinhirn gehenden Querfasern bewirkt, einseitig ausgeführt, ähnliche Erscheinungen, wie wenn das Kleinhirn hälftig abgetragen wird, aber das Drehen geht nach der Seite der Verletzung hin; durchschneidet man auch auf der andern Seite das Crus cerebelli ad pontem, so wird das Thier wieder ruhig. Dazu kommt noch, dass bei einseitiger Theilung der Augapfel der beschädigten Seite sich nach unten richtet, während er auf der anderen convulsivische Drehbewegungen zeigt.

Durchschneidung eines der Grosshirnstiele bewirkt drehende Bewegung nach der nicht verletzten Seite hin (wie bei Abtragung des halben Kleinhirns). Auf Reizung dieser Schenkel nach abgehobenem Grosshirn folgen Contractionen nicht nur in den Muskeln des animalen Lebens, sondern auch in denen des Magens, des Darms und der Blase, ein Beweis, dass sie noch immer Leiter sind, und zwar nicht nur vermittelt der Brücke, des verlängerten Marks und des Rückenmarks, sondern auch vermittelt des grossen Sympathicus, der sein Thätigkeitsprincip ausser dem letztern auch Gehirnpartieen entnimmt, welche über den Gehirnstielen liegen.

e. Die Vierhügel

sind im Wesentlichen Reflexorgane zwischen dem Sehnerv (Retina) und dem N. oculomotorius (Iris). Ihre Reizung bewirkt, selbst einseitig angebracht, Contraction der Circularfasern der Iris (Verengung der Pupille) in beiden Augen, ein Beweis, dass jede Retina ihre Eindrücke hinter dem Chiasma durch beide Sehnerven fortpflanzt. Diese Contractilität verschwindet, sobald man die Vierhügel beschädigt. Ihre einseitige Entfernung erzeugt Blindheit auf dem Auge und Schwäche in den ganzen entgegengesetzten Körperseiten.

Ueber die Vernichtung der Sehhügel, der Streifenkörper des Hirnbalkens, des Fornix, der Zirbel und der Ventrikel ist nichts charakterisches bekannt.

f. Die Grosshirnhemisphären.

In das blossgelegte Grosshirn eines Thieres kann man an der Oberfläche sowohl als in den tieferen Schichten stechen und schneiden, wie man will, ohne dass Schmerzäusserungen oder Bewegungserscheinungen, weder in den Muskeln animalischen noch in denen des vegetativen Lebens sich kundgeben. Es ist gelungen, Vögel, denen man das ganze grosse Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung monat

lang am Leben zu erhalten. In solcher Weise operirte Tauben sitzen wie in beständigem Schlummer; sie haben den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs auf beiden Füßen. Stösst man sie, kneipt man sie in die Füsse, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich einen Schritt vorwärts und fallen dann in den vorigen Schlummer zurück. Lässt man sie aus einer Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz auf, stossen aber an im Weg befindlichen Gegenständen an und sinken bald auf den Boden, von dem sie sich nicht zu erheben streben. Zuweilen erwachen sie von selbst, und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen. Die Augen sind noch empfindlich gegen das Licht; die Taube schliesst zwar beim Annähern einer brennenden Kerze nicht ihre Lide, zeigt aber einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopf einem Licht, das man im Dunkeln vor ihren Augen hin- und herbewegt. Geräusche machen keinen Eindruck und bewirken höchstens, wenn sie sehr stark sind, ein Auffahren; doch darf man daraus nicht den Schluss auf ein Hören ziehen, da unter denselben Verhältnissen auch Fenster klirren und zerspringen können. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuss; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie ihn unter dem Flügel und bleibt, ohne das Gleichgewicht zu verlieren, auf einem Fuss sitzen. Kneipt man nun den andern Fuss, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt den unter, welchen man zuletzt reizte. Bringt man ihr Ammoniak vor die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf und kratzt den Schnabel mit dem Fuss. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken, schlingt es aber, wenn man es ihr hinter die Zungenwurzel gebracht hat, während es unbeweglich bleibt, wenn man es einfach zwischen den Schnabel steckt. Hunde kennen ihren Herrn nicht mehr, Katzen verlieren ihre Wuth, und bei einem Huhn, das nach Entfernung der Grosshirnhemisphären noch ein halbes Jahr lebte und fett wurde, hatte sich jede Spur von Geschlechtstrieb verloren. — Aus alle dem geht hervor, dass die Bewegungen nach der Wegnahme des grossen Gehirns nicht nur erhalten bleiben, sondern auch eine gewisse Zweckmässigkeit in den Combinationen bewahren, wenn gleich das ganze Verhalten derselben darauf hindeutet, dass das Thier sich in einem Traumzustand befindet, in welchem ihm sein Thun nicht zum Bewusstsein kömmt. Ebenso verhält es sich mit den Empfindungseindrücken. Die Erscheinungen zeigen jene Reflexaction, in welcher die innere Bestimmung der Zweckmässigkeit fehlt und die wir als eine Function der übrigen Partieen der Centralachse kennen gelernt haben, allerdings in einer Weise, wie sie bloss einigen Gehirnthellen zukömmt. Ein enthauptetes Thier kann sich nicht, wie die enthirnte Taube, auf einem Fuss im Gleichgewicht erhalten; bei Reizung seines Fusses erfolgen zwar krampfhaftige Gegenbewegungen, aber der Fuss wird nicht durch Bergung unter dem Flügel künftigen Angriffen entzogen. Ebensowenig kann das

Thier gehen, fliegen, seine Federn putzen, eine Combination, die wir in dem Coordinationsvermögen des kleinen Gehirns und einzelner Mittelhirnthteile zu suchen haben.

Die Apathie der Hemisphären gegen directe Reizung bekundet, dass sie keine Leiter der Empfindung und Bewegung sind; aus dem schlummersüchtigen Zustand der Thiere aber, welchen sie abgetragen wurde, oder der Menschen, die unter dem Einfluss von Gehirndruck, Verletzungen u. s. w. leiden, lässt sich folgern, dass sie die sensoriellen Reize zum Bewusstsein bringen und dem Willen als Ausgangspunkte für die von ihm inducirten Bewegungen dienen. Sie bilden sonach das Mittelglied, das durch die Bahnen der Sinne und anderer sensorieller Leiter die Aussenwelt in Beziehung zur Thierseele bringt und letztere zur bewusstzweckmässigen Zurückwirkung auf die Aussenwelt befähigt. Diese bewusste Thätigkeit nennen wir Intelligenz, und man kann als allgemeines Gesetz annehmen, dass sich diese nach dem Maas der Entwicklung des Grosshirns richtet. Wenn man in der Kette des Thierreichs abwärts steigt, so sieht man die Intelligenz in dem Verhältniss verkümmern, in welchem, mit dem Körpergewicht verglichen, die Gehirnmasse abnimmt. Allerdings ist hiefür das Gewicht der vorderen Gehirnblase nicht das allein massgebende Moment, indem dabei die Gehirnwindungen, welche der Oberfläche eine weitere Verbreitung geben, und die Mächtigkeit der grauen Rindensubstanz, welche den Gehirnwindungen folgt, sehr in Betracht kommen. Bei Thieren derselben Species und so namentlich beim Menschen hält die Entwicklung der Gehirnmasse im allgemeinen gleichen Schritt mit der Entwicklung des Verstandes, und man weiss aufs bestimmteste, dass eine Person nothwendig schwachen Geistes sein muss, wenn die Ausbildung der Hemisphären und der sie umschliessenden Knochenkapsel auf einer niedrigen Stufe stehen bleibt. Beim erwachsenen Mann beträgt das Gewicht des Gehirns im Durchschnitt 50 Unzen oder ungefähr $\frac{1}{23}$ des Körpergewichts, beim Weib etwa 5 Unzen weniger. Das Gehirn Cromwells soll 100, das von Byron 79, das von Cuvier $64\frac{1}{2}$, das von Dupuytren 58 Unzen gewogen haben, während die Gehirnmasse von 2 Idioten, die Tiedemann untersuchte, bei dem einen $20\frac{1}{2}$ bei dem andern $23\frac{1}{2}$ Unzen wog. Natürlich ist uns dabei kein Aufschluss über die Gyri gegeben. — Untersuchungen an Lebenden geben kein zuverlässiges Resultat, indem viele grosse Schädel nicht viel Gehirn enthalten, so die an Gehirnwassersucht leidenden, die meist Kretinen sind. Es kommt dabei auch die wechselnde Dicke der Schädelwandungen in Betracht — zwei Momente, die bei Würdigung der Gallschen Schädellehre von grossem Belang sind.

3. Der grosse Sympathicus.

Man bezeichnet im allgemeinen die Nerven, welche die Eingeweide und Gefässe versorgen, ohne Rücksicht auf ihren Ursprung als sympathische, währ

man die gleiche Benennung vorzugsweise jenen marklosen Fibrillen ertheilt, welche wir S. 196 als Remaksche Fasern kennen gelernt haben. Der Ausdruck hat seinen Ursprung in der früheren Ansicht, dass die doppelte knotige Nervenschnur, welche durch ihren Zusammentritt oben in der Tiefe des Gesichts und unten im Innern des Beckens eine ovale Kette darstellt und ihre zahllosen Fäden unter reichlicher Anastomosirung und Geflechtbildung an die Eingeweide aussendet, die Quelle aller Mitempfindungen und Mitbewegungen sei. Wir haben weiter oben gesehen, dass sich diese Erscheinungen anders erklären, wissen indess, dass die Empfindungen und Bewegungen im Bereich der vegetativen Sphäre unbewusst und unabhängig von dem Willen vollbringen und es schon eines sehr intensiven Reizes bedarf, wenn eine Empfindung aus diesem Nervensystem in den Kreis bewusster Perception eintreten soll; auch ist dann die Wahrnehmung, obschon sie sich in Krankheiten bis zu der peinlichsten Intensität zu steigern vermag, nie von einer so bestimmten Oertlichkeitsvorstellung begleitet, wie wenn sie durch Reizung sensibler Hautnerven veranlasst würde.

Die Resultate der Anatomie sowohl, als der physiologischen Forschung lassen uns in dem Sympathicus ein vollständiges Nervensystem erkennen, in welchem sich eine Kette mit Eigenthätigkeit von centrifugalen, centripetalen und verschiedentlich ausgestreuter centralen Perceptionselementen unterscheiden lässt. Die letzteren werden von einer Anhäufung multipolarer Zellen gebildet, deren Ausläufer in die Leitungsfasern übergehen. Ein Reiz am peripherischen Ende kann nur eine sensible sympathische Faser influenziren, welche die Erregung zu der mit ihr verbundenen Zelle fortpflanzt; diese vermag vermittlest ihrer Ausläufer die Erregung auf andere Fasern zu übertragen, die ihrerseits vielleicht mit weitem Zellen in Verbindung stehen, und so kann die Erregung durch eine Reihe von Zwischengliedern wandern, bis sie schliesslich ihren Effect in Muskelverkürzung, Drüsenabsonderung, Wärmeentbindung u. s. w. geltend macht. Unter der Voraussetzung, dass dieser Vorgang sich in Bahnen bewege, welche mit keiner Cerebrospinalfaser in Contact kömmt, haben wir hier eine ähnliche Erscheinung, wie sie uns bei der Reflexaction vermittlest der Cerebrospinalachse begegnet ist, und es begreift sich, warum bei solchen Leitungsacten nichts zum Bewusstsein kömmt. Aber nicht nur die centripetale und centrifugale Leitung mit respectiven Zwischenleitungen gehört zu den Eigenschaften des Sympathicus; wir müssen ihm nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntniss auch die Befähigung zu automatischen Erregungen beimessen. Man sieht nämlich nicht selten, dass unter dem Einfluss des Sympathicus stehende glatte Muskelfasern ohne einen nachweisbaren Reiz in Verkürzung gerathen und häufig dabei einen bestimmten Rhythmus von Contraction und Erschlaffung einhalten. Freilich ist es möglich, dass in solchen Fällen die Molecularbewegungen der Ernährung als zeitweilig sich entwickelnde Reize wirken und ver-

mittelst der ganglionären Gebilde Reflexbewegungen hervorrufen.

Eine Eigenthümlichkeit in den Bewegungsercheinungen der vom Sympathicus influenzirten Muskel ist, dass, wie nahe auch Reiz- und Effectstelle dem vermittelnden Centralganglion liegen mag, auf momentane oder nachhaltige Reizungen keine schnelle oder tetanische Gegenwirkung zu erfolgen pflegt, sondern die Bewegung langsam zu und abnehmend verläuft und dabei häufig ein rhythmisches Tempo einhält. Diesen Verlauf glaubt Fick daraus erklären zu können, dass die Reizung nicht auf die wirklichen peripherischen Enden, sondern zunächst immer auf Verbindungsstränge zwischen der Centralstelle treffe und daher, ehe sie sich auf den Muskel überträgt, jedesmal durch Ganglienzellen geht, durch welche sie mannichfaltig modificirt und vertheilt wird. Ueberhaupt weist die anatomische Untersuchung in den Geflechten des Sympathicus überall, selbst dicht bei den davon innermirten Muskel Ganglienkugeln nach.

Ungeachtet der functionellen Selbstständigkeit dieses Systems ist es gleichwohl in einem Grad vom Cerebrospinalsystem abhängig, dass eigentlich von zwei Systemen keine Rede sein kann. Schon die Anatomie lehrt, dass die vegetativen Nerven und ihre Centra von markhaltigen Nerven durchzogen werden, welche von der Cerebrospinalachse ausgehen, und manche Physiologen sind geneigt, die gangliösen Anschwellungen, welche an den hintern Wurzeln der Rückenmarks- und an vielen Gehirnnerven auftreten, bereits dem Bereich des Sympathicus zuzählen. Reizung sympathischer Fasern ruft Reflexbewegungen durch die dafür susceptiblen Partien des Achsenstrangs hervor (zu den Grosshirnhemisphären stehen sie in keiner Beziehung). So kann z. B. Wurmreiz tonische und klonische Krämpfe in den Skelettmuskeln veranlassen (Veitstanz, Epilepsie). Die Amaurose, die aus derselben Ursache gelegentlich beobachtet wird, erklärt Brown-Séquard aus der Reizung sensibler Fasern des Sympathicus, die sich durch die Ganglien auf Rückenmark fortpflanzt, durch die Cervikalpartie des Sympathicus auf die Gefässnerven der Retina übergeht und mittelst der Contraction der Gefässmuskelfasern eine Blutzufuhrverminderung bewirkt, in deren Folge die Netzhaut unwirksam wird. Und so deuten sich eine Menge physiologischer und pathologischer Erscheinungen aus dem Umstand, dass die Centraltheile des Sympathicus in der Bahn der motorischen und sensiblen Nerven der Cerebrospinalachse liegen. Die in Antlitzhöhlen eingeschlossenen Ganglien, welche sich dem vegetativen Nervensystem durch Verbindungsfäden aus dem oberen Halsgeflecht anschliessen, können als die Kopfportion des Sympathicus angesehen werden und stehen durch ihre Communication mit der Cerebrospinalachse unter denselben Bedingungen, wie die Hals-, Brust- und Bauchganglien der Sympathicus-kette. — Die Abhängigkeit der letzteren von der Cerebrospinalachse wird noch weiter durch die weiter oben besprochene Thatsache, dass auf Reizung gewisser Hirntheile Contractionen in den Muskeln des vegeta-

tiven Lebens beobachtet werden, hauptsächlich aber durch den Umstand bewiesen, dass nach vollständiger Zerstörung der Cerebrospinalachse die sensitivomotorischen Functionen des Sympathicus erlöschen.

Ueber die speciellen Verrichtungen des Sympathicus sind verschiedene Experimente angestellt worden, die uns manchen sehr interessanten Aufschluss über seine Functionen geben, obschon in dieser Partie im allgemeinen noch grosses Dunkel herrscht. Wenn man den Zweig, welchen das obere Halsganglion zum Ciliarganglion schickt, durchschneidet, so tritt alsbaldige Lähmung der Strahlenfasern der Iris ein, und die Pupille zieht sich in Folge der fortbestehenden Einwirkung des Oculomotorius auf die Circularfasern zusammen (cfr. 216); reizt man dagegen das Ganglion ciliare oder den Grenztheil des Cervical- und Dorsalrückenmarks, der mit dem oberen Halsganglion in Verbindung steht (letztere vermittelt eines energischen galvanischen Stroms), so tritt Contraction der Radialfasern und Erweiterung der Iris ein. — Reizung des Halstheils drängt bei den Thieren den Augapfel um einige Millimeter vorwärts, auf Durchschneidung tritt er zurück. Letztere bewirkt auch Verengerung der Augenlidspalte, Vortreten der Nickhaut, Verengerung des Nasenlochs und Mundes, während Reizung die gegentheiligen Bewegungen hervorruft.

Lässt man einen kräftigen Inductionsstrom auf die Cervicaltheile des Sympathicus, welche zur Bildung des Herzgeflechts beitragen, einwirken, so bemerkt man eine auffallende Beschleunigung der Herzschläge: dasselbe geschieht, obschon in weniger markirter Weise, wenn man die Communicationsfäden zum Rückenmark, oder den Cervicaltheil desselben reizt. Auch auf Reizung des Ganglion thoracicum supremum sah man die Herzpulsfrequenz sich steigern. Wir haben S. 219 beim Vagus gesehen, dass seine mässige Reizung eine Verminderung, eine starke den völligen Stillstand (zeitweilige Lähmung) des Herzpulses bewirkt. Ziehen wir nun dabei in Betracht, dass die nach der Ablösung von der Cerebrospinalachse fortdauernden Herzcontractionen viel schwächer sind als die normalen (S. 622), so könnte man aus diesem Umstand die Folgerung schliessen, dass die Pulsationen selbst dem Sympathicus entstammen, ihre Energie aber von der Cerebrospinalachse geborgt ist und der Effect des langsameren Rhythmus in dem Zeitmass zu suchen sei, das unter gleichen Verhältnissen durch eine Kraftsteigerung beansprucht wird.

Wie auf Reizung des Rückenmarks, so treten auch auf Reizung der Ganglien, der Visceralfäden oder der Fäden, welche den Sympathicus mit der Spinalachse verbinden, unverkennbare Contractionen im Digestionskanal, in den Harnleitern, in der Harnblase und in den Geschlechtsorganen ein, dagegen vermindert eine starke galvanische Reizung der N. isplanchnici die peristaltische Bewegung des Darms.

In die Gefässe gehen reichlich Fäden vom Sympathicus ein. Bei den grossen Gefässen kann ihr Einfluss auf die glatten Muskelfasern der Gefässwandungen kein namhafter sein, wohl aber an den kleinen sich

bedeutend geltend machen und damit den Blutzustrom zu den Geweben oder den Rückfluss aus denselben zeitweilig mindern. Daraus erklären sich manche Congestionszustände, die Erscheinungen des Erröthens und des Erblässens in Folge von Affecten, wenn man zugleich die durch letztere gesteigerte oder geminderte Herzthätigkeit mit in Rechnung nimmt. Am entschiedensten zeigt sich der Einfluss des Sympathicus auf das Capillarsystem. Es lässt sich experimentativ nachweisen, dass eine Durchschneidung der zu den Wandungen dieser Gefässe gehenden sympathischen Nervenfasern eine Aufhebung ihrer Contractilität und in Folge des nicht regulirten Blutzustroms Erweiterung, Verstopfung und Temperaturerhöhung zur Folge hat. Bernard fand, dass nach Durchschneidung des Sympathicus am Hals wegen Lähmung der Gefässe, welche ihre sympathischen Fasern vom Carotisgeflecht erhalten, das Ohr des Thiers vom Blut ausgedehnt und dessen Temperatur erhöht wurde, Erscheinungen, welche sich zurückbildeten, sobald man mit Hülfe eines galvanischen Apparats den peripherischen Nervenstumpf reizte. Ueber die Einwirkung des Sympathicus auf die Temperatur ist besonders ein Experiment von Brown-Séguard interessant; er fand, dass, wenn er die eine Hand in Eiswasser brachte, auch in der anderen die Temperatur abnahm, ohne dass der übrige Körper an der Alteration merklichen Antheil genommen hätte. Daraus folgert er, dass die Fortpflanzung der Reizung durch das Rückenmark in den peripherischen Endorganen der anderen Seite eine Reflexbewegung bewirke, welche die kleinen Arterien und Capillaren contrahire und wegen des geringeren Blutzuflusses eine Minderung des Oxydationsprocesses veranlasse. Diese Deutung findet ihre augenscheinliche Bestätigung in einem andern Versuch. Wenn man nämlich eine kleine Arterie in dem Flügel einer Fledermaus unter das Microscop bringt und die entsprechende Stelle des andern Flügels mit Eis belegt, so sieht man das Gefäss auf dem Objectivträger selbst bis zum Verschluss sich contrahiren. Daraus erklärt sich auch die Temperaturerhöhung bei Lähmung, und der Sympathicus erscheint somit als ein Regulator dieses Theils der Ernährungsprocesse. Eine ähnliche regulirende Wirkung mag er auch auf die Drüsensecretionen üben. In diese gehen nämlich Nerven der Cerebrospinalachse und sympathische Fasern ein. Wenn nun erstere durch Rückwirkung aufs Herz den Blutstrom zu steigern und eine reichlichere Secretion hervorzurufen im Stande sind, so vermögen letztere durch Zusammenziehung der Gefässe die Secretion merklich zu vermindern. Die Harnsecretion in einem hysterischen Paroxysmus, die reichlichere Gallenaussonderung und die darauf folgende Diarrhö beim Schreck, der Thränenfluss beim Schmerz, der blutige Harn nach Durchschneidung der Nerven, welche die Nierenarterie umgeben, der einseitige starke Schweiss, der sich nach Durchschneidung des Sympathicus auf der entsprechenden Hals- und Gesichtsseite zeigt, sind Beispiele der betreffenden Nerveneinflüsse, in denen, wo sichs um gelähmte Gefässpartieen handelt, auss

der aufgehobenen Contractilität auch ihre leichtere Permeabilität für Flüssigkeiten veranschlagt werden muss.

4. Seelische Thätigkeiten.

Die Frage, ob das Agens der mit dem Ausdruck „seelischer Thätigkeiten“ als eine von dem Körper verschiedene, einheitliche Wesenheit aufzufassen ist, oder ob dieselben als die Aeusserungen materieller, der Ernährung entstammender Combinationen, ihre Resultate aber als Analoga der Secretionsproducte gedacht werden sollen, fällt nicht in den Rahmen unseres Grundrisses. Beweise für die eine wie für die andere Anschauung sind nicht zu liefern, und so entscheidet sich für die eine oder die andere jeder nach Geschmack oder nach dem Massstab, den er für seine eigene und für die ethische Bedeutung seines Geschlechts in sich selber findet. Es genügt uns hierorts, in dem Gehirn das Organ erkannt zu haben, durch welche diese Thätigkeiten in Fluss kommen, und zu wissen, dass Störungen in diesem Organ häufig wesentliche Störungen in seiner Functionirung nach sich ziehen, ja dass viele äussere oder innere Einflüsse im Stande sind, jene wechselnde Zustände hervorzurufen, die man als Seelenstimmungen zu bezeichnen pflegt.

Ein Rückblick auf die Kette des Thierreichs lehrt uns, dass in aufwärtssteigender Linie das Gehirn eine immer grössere Ausbildung gewinnt und dass in gleichem Verhältniss der Umfang der seelischen Thätigkeiten zunimmt. Der Schluss ist sonach gerechtfertigt, wenn wir die Functionen, welche der Mensch vor dem Thier voraus hat, mit jenen Organtheilen in Verbindung bringen, durch deren stärkere Entwicklung sich der Mensch von den Thieren unterscheidet. Diese stärkere Entwicklung sehen wir nun vornämlich in dem Umfang und Bau der Hemisphären des Grosshirns, das mit seiner Menge von oberflächlichen Windungen fast die ganze übrige Gehirnmasse überwuchert, während beim Thier auch das entwickeltste Grosshirn einen grossen Theil des kleinen Gehirns unbedeckt lässt.

Die Sinnorgane (einschliesslich der Empfindungsnerven der Cerebrospinalachse) übermitteln die auf sie gemachten Eindrücke dem Gehirn, wo die leitenden Fasern in Berührung treten müssen mit den Organtheilen, welche eine bewusste Perception vermitteln. Der Weg, auf welchem der Reiz durch Mark und Leitungsorgane des Hirns an die Grenze des Seelenorgans gelangt und von welcher Stelle dieses Wegs er ausgegangen ist, fällt natürlich nicht ins Bewusstsein, und letzteres verlegt daher den Ausgangspunkt gewöhnlich an den Ort, von wo aus den vergleichenden Erfahrungen der verschiedenen Sinne zu folge eine Reizung regelmässig auszugehen hat, um an den bestimmten Punkt der Grenze des Seelenorgans zu gelangen. Dieser Ort aber ist eine Stelle der sensiblen Nervenperipherie, in welche die Seele den Grund der Reizung verlegt (vermeintlicher Schmerz

in einem verlorenen Glied bei Reizung in der Bahn des Nervus ischiadicus). — Indess reicht zur bewussten Empfindung die Energie der von aussen andrängenden Erregung nicht aus, sondern es muss ihr vielmehr der Punkt des lebhaftesten Processes (des hellen Bewusstseins) von innen her entgegenkommen. Es ist nothwendig, dass wir die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Stelle richten, um eine deutlich bewusste Empfindung zu gewinnen, und unter dieser Bedingung sprechen sogar Eindrücke an, deren Effect sonst völlig unbeachtet bleibt (man empfindet z. B. den eigenen Herzschlag). Der so percipirte Eindruck wird, vielleicht in einer der Grenze von Leit- und Seelenorganen ferner gerückten Gehirnpartie, zur Vorstellung, welche nicht immer flüchtiger Natur ist, sondern in irgend einer Weise einen Anhaltspunkt zurücklässt, von dem aus sie durch irgend einen gelegentlichen Anlass oder durch den Impuls des Willens wieder in Thätigkeit gerufen wird (Gedächtniss). Solcher Vorstellungen sind auch die höheren Thiere fähig, welche dieselben zu combiniren und damit einen gewissen Kreis von Erfahrungskenntnissen herzustellen verstehen; doch bleibt dieser Kreis stets nur ein sehr beschränkter, und die daraus resultirenden Handlungen beziehen sich im allgemeinen bloss auf die Bedingungen ihres individuellen Lebens, Streben nach Nahrung, Geschlechtstrieb, Unlust am Schmerz u. s. w. Wird ein begünstigtes einzelnes Thier für besondere Erziehung ausgewählt, so kann ihm vielleicht mit grosser Mühe ein weiterer Theil von Verständigkeit eingeflösst werden; allein sie er stirbt mit diesem einzelnen Individuum und geht für das Geschlecht verloren.

Beim Menschen verhält sich dies anders. Die Vorstellungen, welche das Thier nur in ihrer concreten Erscheinung aufzufassen vermag, gestalten sich in ihm zu abstracten Begriffen, das heisst, die Aussenwelt erscheint ihm nicht bloss so, wie sie durch sich besteht, sondern er unterscheidet an ihr die Art ihres Seins und die Beziehung der Körper zu einander. Ein Thier gewinnt eine Vorstellung von dem, was heiss, was kalt, was wohlschmeckend, was schmerzlich ist, erhebt sich aber nicht zu einem Begriff von Temperatur, Geschmack, Schmerz u. s. w., wie der Mensch, welcher durch sein Abstraktionsvermögen befähigt wird, nicht bloss sinnliche Vorstellungen zu construiren, sondern aus abgeleiteten Begriffen zu solchen von höherer Ordnung überzugehen, durch eine Kette von intellectuellen Operationen Ursachen und Wirkungen zu erforschen, durch Erfinden die gewonnene Einsicht den Bedürfnissen seines Geschlechts nutzbar zu machen, vor allem aber in dem Bewusstsein der Perfectibilität des Menschen seine eigene und die Veredlung seines Geschlechts zu fördern. Das letztere Moment, das im Gegensatz von dem mehr oder weniger auch vielen Thieren eigenen Verstand nicht nur das bloss Sinnliche, sondern eine höhere Ordnung von Begriffen zum Substrat nimmt und der daraus resultirenden intellectuellen Thätigkeit die Bedeutung der Vernunft verleiht, dürfte besonders schwer ins

Gewicht fallen bei Würdigung gewisser materieller Anschauungen, die sich auf das gewöhnliche Treiben einer allerdings grossen Anzahl von Individuen gründen. Wenn auch bei weitem die Mehrzahl der Menschen in letzter Linie mittelst ihrer intellectuellen Functionen nur den Trieben dient, die sie mit den Thieren theilt, so wohnt doch dem menschlichen Geschlecht in seiner Gesammtheit der Drang nach Veredlung der Individuen sowohl, als des Geschlechts inne, obschon er nur in einzelnen vorzüglichen Persönlichkeiten einen thatkräftigen, selbst das Ich opfernden Ausdruck gewinnt. Die Materie ist wohl vielfältiger Wandlung fähig, aber die Natur bildet sie immer wieder in bekannte Formen um und verhält sich in dieser Beziehung nicht fortschreitend; der Gedanke kann also nicht nach Art der leiblichen Secrete beurtheilt werden, die als Dünger zu anderen Entwicklungen Anlass geben; denn diese Entwicklungen gehören in den Bereich der bereits bestehenden Formen, während der Gedanke in Rede und Schrift ohne Unterlass belehrend, erziehend, bildend und Neues schaffend-thätig ist. In der Natur hat jeder Trieb erfahrungsmässig seine Zweckmässigkeit; so muss denn der der Menschheit inwohnende Drang nach Vervollkommnung gleichfalls einem objectiven Ziel entsprechen, das, wenn auch nicht für die leibliche, so doch für die geistige Natur erreichbar ist.

Dem bloss dem Menschen eigenen Vermögen, aus abgeleiteten Begriffen und vielleicht auch aus eingeborenen Ideen eine intellectuelle Welt zu bauen, tritt als zweiter charakteristischer Moment der freie Wille an die Seite. Man hat den letzteren anzustreben gesucht; das Handeln des Menschen soll einfach durch äussere und sinnliche Einflüsse bestimmt werden und das scheinbar freiwillige Unterlassen dessen, wozu ein instinktartiger Trieb den Anstoss gibt, wie das Vollbringen von Dingen, von denen die sinnliche Natur zurückschrickt, nur Folge eines mächtigeren Instinkts, der Furcht vor üblen Folgen, des Stolzes, des Ehrgeizes u. s. w., wie wir dies auch in untergeordneterem Masse bei verständigen, erziehungsfähigen Thieren, dem Hund, dem Pferd z. B. bemerken. Wenn aber auch, wie der Dichter singt, das Getriebe der Welt vornämlich zusammengehalten wird durch Hunger und durch Liebe, so kann doch jeder die Freiheit seines Willens selbst auf die Probe stellen, und gewiss ist es nicht immer die Furcht vor Nachtheil oder Beifallsiebe, sondern oft genug das vernunftgemässe Erkennen einer sittlichen Weltordnung, was den Menschen bestimmt, seine Leidenschaften, diese Früchte sensueller Eindrücke und instinktartiger Triebe zu zügeln. Wohl mag bei dem menschlichen Individuum die Gebundenheit des Willens, wie sie beim Thier vermöge einer Naturnothwendigkeit besteht, vorherrschend zur Erscheinung kommen, aber die Freiheit ist ein Eigenthum des Geschlechts und jedes gehörig organisirte Einzelglied desselben zu ihr befähigt. „In uns selber liegts, ob wir so sind oder anders,“ sagt der grosse Brite. „Unser Körper ist ein Garten, unser Wille der Gärtner, und es steht

ganz in unserem Belieben, ob wir Nesseln darin pflanzen wollen oder Salat bauen. An dem Wagbalken unseres Lebens hängt die Schale der Vernunft, um den tobenden Leidenschaften ein Gegengewicht zu bieten.“

Vernunft und freier Wille sind sonach die Prärogative, welche den Menschen hoch, selbst über das verständigste Thier erheben und ihm Ersatz leisten für manche Vortheile des Sinnenlebens, welche gewisse Thiere in viel höherem Mass besitzen, (z. B. für die Flugbewegung des Vogels, das scharfe Gesicht des Raubvogels, den Geruch des Hunds, das feine Gehör der Fledermaus u. s. w.). Man hat früher angenommen, der Mensch unterscheide sich von dem Thier hauptsächlich dadurch, dass bei letzterem die zweckmässigen Handlungen bloss auf Instinkten beruhen. das heisst auf angeborenen Trieben, die nicht erst in Folge der Gewöhnung oder Nachahmung sich entwickeln, sondern in Verbindung stehen mit der eigenthümlichen Organisation und Natur des Thiers, durch welche sie gedrängt werden, gewisse Dinge zu begehren, andere zu fliehen und demgemäss zu handeln. Obschon nur diese Eigenthümlichkeit, welche die Perfektibilität der Gattung ausschliesst, im Thierleben das bei weitem überwiegende Element ist, können wir bei vielen höher entwickelten Warmblütern doch ihr Handeln nicht durchaus von dem unklaren Drang der Instinkte ableiten, da wir, wenn sichs um die Erreichung eines Zwecks handelt, selbst bei im reinen Naturzustand befindlichen Thieren häufig einer so klugen Berechnung begegnen, dass wir nothwendig eine combinirende Verstandesthätigkeit annehmen müssen. — Auch der Mensch hat eine gewisse Anzahl von Instinkten, die, je nachdem er sie frei gewähren lässt oder unter die Controlle seiner intellectuellen Vermögen stellt, ein Fluch oder Segen der Gesellschaft werden. Ihre Zahl ist wohl grösser, als man gewöhnlich annimmt, und manches, was man bereits unter die intellectuellen Vermögen einreicht, auf einen in der sensoriiellen Sphäre wurzelnden Instinkt zurückzubeziehen; als Grundinstinkte jedoch, die bei jedem normalorganisirten Individuum sich geltend machen, müssen wir den Selbsterhaltungs- und den Fortpflanzungstrieb hervorheben, welche unter der Leitung der intellectuellen Vermögen die Bindeglieder der Gesellschaft und der Familie bilden, in ihrem ungezügelter Walten aber unsere Strafanstalten füllen und die Schafotte in Thätigkeit halten.

Wir haben in dem Gehirn das Organ für alle bewussten Thätigkeiten kennen gelernt. Da nun diese sich in verschiedenen Richtungen kundgeben, so ist das Bestreben, die einzelnen Partien des complicirten Gehirns zu erforschen, vermittelt welcher die verschiedenen Vermögen in Action treten, ein vollkommen berechtigtes. Es liegt die Vermuthung nahe, dass für specifische instinktartige oder seelische Functionen eben so gut specielle Organtheile vorhanden sind, wie für die verschiedenen Functionen des Leibes, und die Lehre von der Einheit der Seele und dem freien Willen leidet durch eine solche Annahme keinen Abtrag.

weil sie den ersteren Punkt einfach gar nicht berührt und in Betreff des zweiten das thatsächliche Vorhandensein gewisser Anlagen ein unwidersprechliches Corollar bildet, das eben so wenig die Willensfreiheit aufhebt, sondern nur einen grösseren Kraftaufwand desselben fordert. Indess ist die Lösung der Aufgabe nicht so leicht und oberflächlich, wie sie von Gall und seinen Nachfolgern genommen wurde. Gall hat einzelnen Individuen, die sich durch gewisse Triebe und Vermögen auszeichneten (einem berüchtigten Mörder oder Dieb, einem berühmten Maler oder Musiker u. s. w.) gewisse Wölbungen des Schädels abgetastet und unter der Voraussetzung, dass unter diesen das Gehirn eine besondere Entwicklung besitzen müsse, die Stellen, wo er diese Wölbungen fand, als die Sitze des Zerstörungstrieb, des Diebssinns, des Farbensinns, des Tonsinns u. s. w. bezeichnet. Aber wenn man auch zugestehen wollte, dass die betreffenden Organe in der grauen Rindensubstanz des Gehirns zu suchen sein dürften, so ist die äussere Schädelfläche jedenfalls kein Abklatsch der Gehirnmasse und die innere zeigt häufig einwärts sprengende Wölbungen, wo auch aussen ein Höcker vorhanden ist. Auch befindet sich die graue Substanz mit ihren Windungen nicht bloss an der oberen Fläche der Hemisphären, sondern auch an der inneren und unteren, und zwar in gleichem Entwicklungsgrad, während ausserdem weder die Tiefe der Sulci, noch die Mächtigkeit der Rindenschichte dem Schädel abzutasten ist. Es gebricht sonach der Gall'schen Schädellehre jede wissenschaftliche Grundlage, und man muss danach die angeblichen Erfahrungslehren würdigen, die überall der auf den Glauben spekulirenden Charlatanerie ein so weites Feld bieten. — Nicht minder willkürlich und unerwiesen ist die Carus'sche Cranioscopie, welche in das Vorderhirn den Sitz der höheren Intelligenz, in das Mittelhirn die Gefühle und in das kleine den Willen und die Triebe verlegt. Wir wissen, dass eine Abtragung des letzteren den Willen nicht beeinträchtigt, sondern nur die Fähigkeit zur Coordination aufhebt. — Die Versuche, die intellectuellen Vermögen zu localisiren, haben sich sonach bisher nicht als glückliche erwiesen, und bis eine Methode aufgefunden wird, es in ächt wissenschaftlichem Geiste zu thun, müssen wir uns begnügen, in dieser hochwichtigen Frage die gänzliche Unzulänglichkeit unserer derzeitigen Mittel anzuerkennen.

Schlaf. Träumen.

Die Functionen der Centraltheile des Nervensystems sind an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände wir als Wachen und Schlafen bezeichnen. Dabei ist es interessant, dass diese Intermission nur in einem Theil des Nervengewebes sich äussert, der nicht einmal so übermässig angestrengt zu sein braucht, um die Erscheinung als eine nothwendige Folge der Ermüdung zu erklären, denn andere sehr energisch sich geltend machende Functionen, namentlich die des vegetativen Lebens bleiben in Thätigkeit. Der Herzschlag, der Kreislauf, die

Athembewegungen und der Gaswechsel der Lungen und der Haut, die mechanischen und chemischen Erscheinungen, welche die Verdauung, die Einsaugung, die Absonderung und die Ernährung begleiten, dauern im Schlaf ungehindert fort. Die hierbei thätigen Muskelmassen arbeiten allerdings im ganzen ruhiger und langsamer, als während des Wachens. Die Zahl der Pulsschläge nimmt ab; die Athemzüge werden sparsamer und zum Theil tiefer; die thierische Wärme mindert sich etwas und sämtliche Absonderungen ergeben geringere Werthe, wobei nur die Phosphorsäure des Harns eine höhere Ziffer ausweist. Aber auch die Erregbarkeit der sensiblen und motorischen Nerven und jener Theile der Cerebrospinalachse, welche nicht zur bewussten Empfindung nothwendig sind, dauert fort und macht sich in Reflexbewegungen bemerklich. Der Schlaf besteht sonach nur in einer zeitweiligen Ruhe der Organe des Bewusstseins um die Aussenwelt, so dass diese auf die gewöhnlichen Reize nicht mehr ansprechen.

Als Veranlassungsmomente für den Schlaf kennen wir: geistige und körperliche Ermüdung, Minderung der äusseren Sinnesreize (Stille, Dunkelheit) oder fortgesetzte monotone Einwirkung derselben (einförmige Geräusche), Kälte, starke Mahlzeiten, geistige Getränke und gewisse einschläfernde Medicamente. Ueber die innere physiologische Bedingung des Schlafs wird übrigens damit kein Aufschluss gegeben. — Das Erwachen erfolgt entweder von selbst, wenn die Nerven theilchen sich von ihrer Ermüdung erholt haben, oder auf die Einwirkung von inneren oder äusseren Reizen. Zu den ersteren gehören sehr lebhaftere Traumvorstellungen, Gemeingefühle, die z. B. durch stärkere Ansammlungen im Mastdarm, in der Blase hervorgerufen werden, Schmerzen oder plötzliche Veränderungen in gewissen dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen (Herzschlag, Athmen). Zu den weckenden Reizen gehören verstärkte sinnliche Eindrücke (Schall, Licht, Rütteln u. s. w.); auch das Aufhören gewohnter Reize kann die gleiche Wirkung üben (der Müller erwacht, wenn seine Mühle stillsteht).

Der Schlaf ist ein der Erhaltung dienendes Bedürfniss, das wahrscheinlich dem ganzen Thierreich angehört. Heftige Sinneseindrücke, psychische Aufregung, gewisse Mittel (Kaffee, Thee) können es verzögern, aber am Ende macht es sich mit einer Intensität geltend, dass man Menschen sogar unter Folterqualen hat einschlafen sehen. Ein Erwachsener verschläft durchschnittlich ein Drittel seiner Zeit, ob schon es Beispiele gibt, dass sich Menschen mit einem viel geringeren Mass begnügen. Man erzählt von Pichegru, dass er während eines Feldzugjahrs täglich nur vier Stunden zu schlafen pflegte. Kinder verschlafen mehr als die Hälfte ihrer Zeit, und bei Säuglingen beschränkt sich ihr ganzes Tagesleben fast nur auf Nahrungseinnahme und Schlaf.

Manche Personen besitzen die Fähigkeit, sogleich beim Niederliegen einzuschlafen, so namentlich Napoleon; meist hat jedoch der Schlaf seine Vorläufer.

Die Schwere der Augen, das Gähnen, das Suchen nach bequemer Lage sind bekannte Vorboten; andere Erscheinungen, das Sehen von leuchtenden Punkten, helleren Massen, unbestimmten Gestalten bei geschlossenen Augen fallen meist nur auf, wenn man gewaltsam seine Aufmerksamkeit darauf richtet, und wenn das Bewusstsein bereits entschlummert ist, setzen die Sinne noch eine partielle Thätigkeit fort. Zuerst kömmt das Auge, dann der Tastsinn und endlich das Gehör zur Ruhe. — Man unterscheidet einen tiefen und einen leichten Schlaf, Grade, die gewöhnlich stufenweise in einander übergehen; in den ersten Stunden ist er am tiefsten und erquickendsten, so dass manche Personen selbst durch die intensivsten Reize (heftige Gewitter z. B.) nicht geweckt werden können; bei leichtem Schlaf reichen leichte Anlässe aus, ja, es werden sogar manche gewöhnliche Vorgänge empfunden und verweben sich nicht selten in die Bilder des Traums.

Unter Träumen verstehen wir eine eigenthümliche Thätigkeitsrichtung, welche das Gehirn auch im Schlaf verfolgt. Man weiss nicht, ob sich diese während des ganzen Schlafes fortspinnt, obschon die Bewegungen und die ausgestossenen Laute, welche man gelegentlich an schwer zu weckenden Schläfern wahrnimmt, darauf hindeuten scheinen; jedenfalls haften sie dann nicht in der Erinnerung, da man beim Erwachen nichts mehr davon weiss. Im leichten Schlaf dagegen, zu Anfang des Schlafes, wenn einzelne Thätigkeiten noch nicht in die allgemeine Abspannung hineingezogen sind, oder am Ende desselben, wenn das Bewusstsein sich bereits in einzelnen Theilen seines Werkzeugs bemächtigt, wirken gewisse Gehirnspannungen fort und knüpfen aufs neue an oder bildet sich eine phantastische Ideen- und Erscheinungswelt, die uns oft mit einer Klarheit zum Bewusstsein kömmt, dass wir selbst im Schläfe wissen, dass wir träumen, und auch beim Erwachen mit grösserer oder geringerer Klarheit in der Erinnerung haftet. Der Umstand, dass nur einzelne Theile des Gewebes vielleicht in Abwechslung functionsthätig sind, ohne dass ein einigendes Bewusstsein sie verknüpft, dürfte als der Grund der Flüchtigkeit und Trüglichkeit aufzufassen sein, welche die Träume meist bezeichnen, obschon sich darin gelegentlich auch ein merkwürdiger Zusammenhang kund gibt. Bisweilen sind es unklar percipirte äussere Eindrücke, die, falsch aufgefasst, in den Träumen fortspielen, oder es geben körperliche Zustände die Veranlassung zu Erzeugung einzelner Gehirnthätigkeiten, wie z. B. gestörter Blutumlauf das Gefühl des Alpdrückens, der Druck der ausgedehnten Blase auf die Samenbläschen wohlüstige Träume zu erregen vermag.

Somnambulismus nennen wir jene Art des Träumens, in welcher der Träumer ohne Mitwirkung des Bewusstseins Handlungen des wachen Lebens mit aller Zweckmässigkeit vollbringt. In erster Linie können wir hieher das tactmässige Fortmarschiren ermüdeten Soldaten im Schlaf, das Antworten Schlafender auf an sie gerichtete Fragen zählen. In höherem Grade sieht man, wie nicht selten bei hypochondri-

schen oder hysterischen Personen vorkömmt, die Schläfer die eigenthümlichsten Pfade, die gefährlichsten Wege verfolgen, und zwar mit einer Sicherheit, deren sie im wachen Zustand nicht fähig wären. Der Schlafwandler kleidet sich an und aus, öffnet Thüren und Schränke, ohne zu erwachen oder eine Erinnerung des Geschehenen zurückzubehalten. Man hat geglaubt, dass in solchen Fällen die gesammte Lebensthätigkeit sich in dem vegetativen Nervensystem concentrirt und in den Organen der willkürlichen Bewegung vermittelt der dazu geeigneten Partien der Cerebrospinalachse Reflexactionen bewirke, aber wie erklären wir die Zweckmässigkeit, die Sicherheit derselben? Die Sache ist ein Fact, aber gleichwohl ein der Lösung harrendes Geheimniss.

Der sogenannte magnetische Schlaf, der bisweilen bei nervösen Personen spontan eintritt, öfter aber durch die Striche eines Magnetiseurs inducirt wird, ist eine ähnliche geheimnissvolle Erscheinung, und die Constitution, welche dazu disponirt, scheint unter den gleichen pathologischen Bedingungen zu stehen. Man bemerkt ihn hauptsächlich bei nervös höchst reizbaren, hysterischen Frauenzimmern. Es sind darüber merkwürdige Angaben gemacht und durch das Zeugniss so vieler Beobachter bestätigt worden, dass man wirklich glauben sollte, es werden durch den Mesmerismus ganz neue, seelische Fähigkeiten entwickelt oder aus ihrem gewöhnlichen Schlummerzustand geweckt. Dem nüchternen Urtheil ziemt es indess, die wunderbaren Kundgebungen der sogenannten Clairvoyance mit Vorsicht aufzunehmen und mit aller Achtung vor der unzweifelhaften Wahrheitsliebe mancher Berichterstatter die Frage aufzuwerfen, ob sie nicht vielleicht auf einer irrthümlichen Deutung der Thatsachen beruhen. Unter dem Eindruck, der von Zeit zu Zeit auf die Sinne geübt wird, mögen sich bei gewissen hochreizbaren Personen in der Thätigkeit der Nervencentren wohl subjective Erscheinungen von aussergewöhnlicher Art entwickeln. Die Delirien eines fieberkranken oder eines Irren nehmen oft aus Anlass einer Frage oder einer Bemerkung, die ein Anwesender fallen lässt, eine verwunderliche Richtung, und so kann es sich leicht fügen, dass wundergläubige Personen in den Aeusserungen solcher Patienten ebensolche übernatürliche Kundgebungen erkennen, wie wir sie von den Magnetiseuren hervorheben hören. Jedenfalls ist es höchlich zu bedauern, dass in Fragen von so verfänglicher Natur, wo sich um die Grenzen von Geist und Materie handelt, hauptsächlich Persönlichkeiten das Heft ergreifen, die weder durch ihre Verstandeschärfe, noch durch eine gründliche wissenschaftliche Vorbildung sich für eine derartige Aufgabe qualificiren. In so schwierigen Untersuchungen kann man schwärmerischen Dilletanten beiderlei Geschlechts kein Stimmrecht zugestehen, und wo gar der reisende Magnetiseur auftritt, haben wir doppelt Ursache, misstrauisch gegen Angaben zu sein, die so häufig nur der aufs Wunderbare speculirenden Eclatsucht

entstammen. Wie sollte man überhaupt hoffen dürfen, einer Wahrheit auf den Grund zu kommen, wo die Versuche und Beobachtungen Schaustücke für das Publikum abgeben sollen und daher mehr den Charakter einer theatralischen Ausstellung, als einer wissenschaftlichen Forschung haben? Manche angebliche Erscheinungen, z. B. das Lesen mit der Magengrube, haben nie durch eine glaubwürdige Probe bestätigt werden können.

Viertes Kapitel.

Der Sinn des Gesichts.

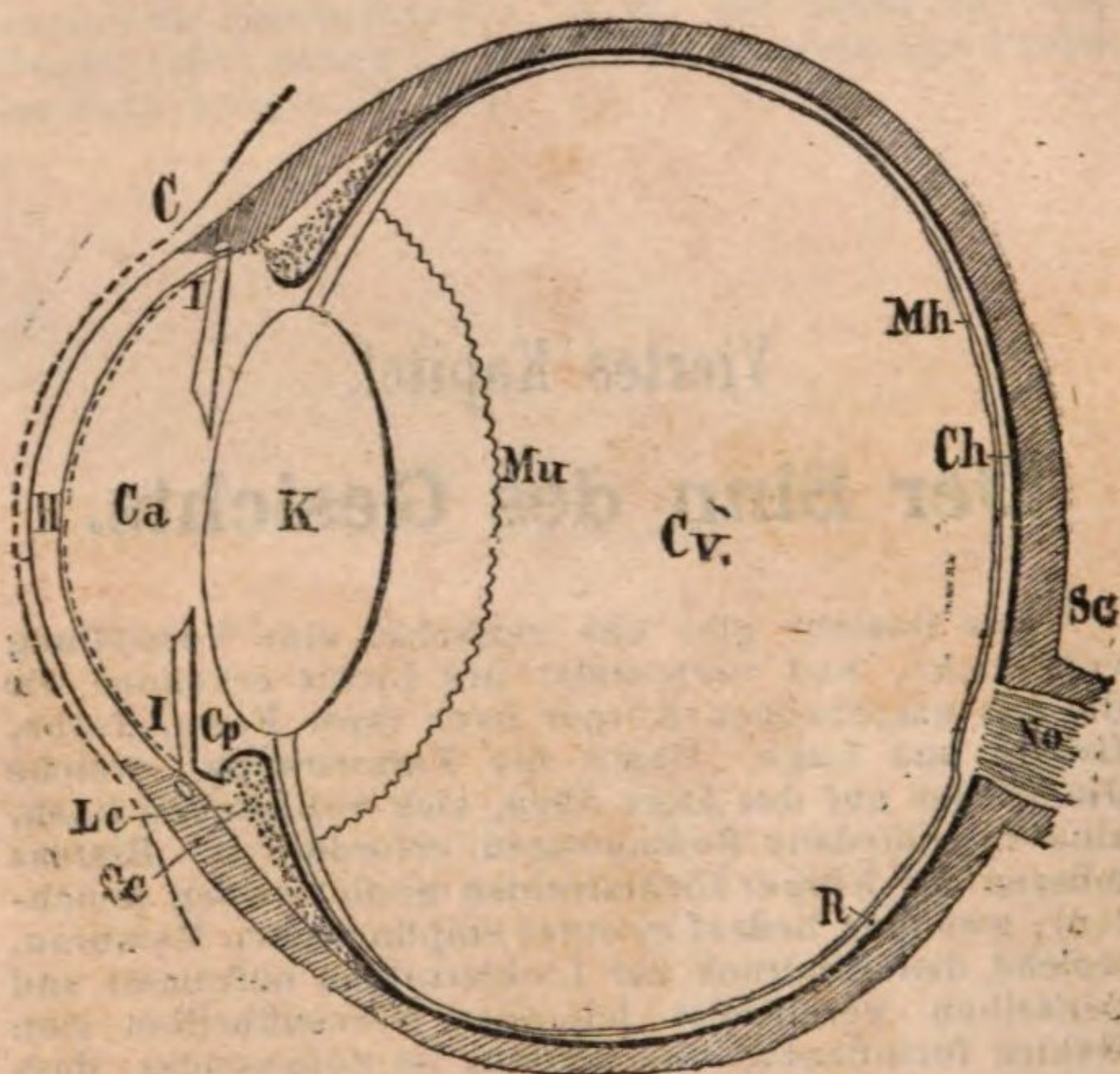
Das Gesicht gibt uns zunächst eine Vorstellung vom Licht, und vermittelt des Lichts erkennen wir die uns umgebenden Körper nach ihrer Form, Farbe, Grösse und Lage. Damit die Fernwirkung, welche die Körper auf das Auge üben, sich vollbringen kann, sind verschiedene Bedingungen erforderlich. Erstens müssen die Körper Lichtstrahlen zurückwerfen (leuchten); zweitens bedarf es einer empfindlichen Membran, welche den Eindruck der Lichtstrahlen aufnimmt und denselben vermittelt leitender Nervenfibrillen zum Gehirn fortpflanzt; und drittens ist nothwendig, dass zwischen der empfindlichen Membran und dem leuchtenden Körper sich ein Apparat befinde, der die von dem hellen Object ausgehenden Strahlen sammelt und auf der Membran ein Bild des Gegenstandes reproducirt, da ohne eine solche Vermittelung nur eine unbestimmte Lichtempfindung, wie sie bei den niedrigsten Thierformen vorkömmt, nicht aber ein deutliches Unterscheiden von Gegenständen möglich wäre. Einen solchen beweglichen und mit unterschiedlichen Hilfs- und Schutzorganen versehenen Apparat bietet uns der

Augapfel,

dessen Bau wir uns in Kürze vergegenwärtigen müssen. Sein Gerüst besteht im wesentlichen aus einem undurchsichtigen, weissen, fibrösen Gehäuse von sphäroidischer Form, der Sclerotica (Fig. 53, in doppelter linearer Sc.), welche nach vorn eine Oeffnung hat und an dieser von einer durchsichtigen Kugelfläche mit kleinerem Durchmesser, der Hornhaut (H) geschlossen wird. Die Sclerotica gibt dem Auge seine Form und Festigkeit. Ihr sitzen nach innen noch zwei andere, viel feinere Membranen auf, welche in der Gegend endigen, wo die durchsichtige Hornhaut anfängt. Diejenige, welche unmittelbar der Sclerotica anliegt, heisst die Gefässhaut, Choroidea (Ch), und besteht aus einem weichen faserigen, ungemein gefässreichen Gewebe, das auf seiner innern Fläche einen aus

Kohlenstoff, phosphorsaurem Kalk und etwas Eisen zusammengesetzten schwarzbraunen Farbstoff als sogenanntes Tapetum nigrum ablagert. Nach vorn geht sie, noch ehe sie die Hornhaut erreicht, in einen

Fig. 53.



Wulst, das Ligamentum ciliare (Lc) über, das nicht mehr die Beschaffenheit einer Gefäßshaut hat, sondern aus glatten, von der innern Wand der Sclerotica zum Rand der Krystalllinse gehenden geraden, mit circulären untermengten Muskelfasern besteht und, wie wir sehen werden, in Beziehung zu dem Adaptationsvermögen des Auges tritt. Von diesem Wulst aber, am Rande der Hornhaut, löst sie sich von der inneren Fläche der Sclerotica ab und bildet einen senkrecht im Auge ausgespannten, von einer runden Oeffnung, der Pupille, durchbohrten Vorhang, die Regenbogenhaut (J), welche durch die Thätigkeit ihrer radialen und circularen Fasern die Pupille zu erweitern und zu verengen vermag. Die dritte Membran, welche der innern Fläche der pigmentirten Aderhaut bis zu ihrem Uebergang in das Ligamentum ciliare anliegt, ist die Netzhaut, R, die als eine hautartige Ausbreitung des die Sclerotica und Aderhaut durchbohrenden Sehnerven (No) betrachtet werden kann. Die bisherige Betrachtung des Augapfels gibt uns zwei Kugelsegmente, deren Hohlräume durch die fast an ihrer Grenzscheide gelegenen Krystalllinse (K) völlig von einander abgesperrt sind. Letztere ist ein von einer membranösen Kapsel umschlossener durchsichtiger linsenförmiger Körper, der nach vorn eine weniger starke Wölbung zeigt, als nach hinten. Der Raum zwischen ihr und der hinteren Curvatur der

Hornhaut wird durch die Iris in die fast verschwindende hintere (Cp) und in die vordere Augenkammer (Ca) getheilt und enthält eine wässrige Flüssigkeit, während der Raum hinter der Krystalllinse bis zur Netzhaut den sogenannten Glaskörper (Cv), eine von einer durchsichtigen Hülle, Membrana hyaloidea (Mh) umschlossene, wasserhelle, sulzige Masse zur Ausfüllung hat. — Der Augapfel bildet sonach einen Kasten, in welchen eine Anzahl transparenter Medien eingesetzt sind. Letztere dienen dazu, durch Brechung des Lichtes der sensitiven Membran die Bilder der Aussenwelt zuzuführen, und fordern daher eine eingänglichere Besprechung.

Es ist hier nicht der Ort, die physikalischen Eigenschaften des Lichts und seine Brechungsgesetze ausführlich zu erörtern, da wir die betreffenden Kenntnisse wohl voraussetzen dürfen; doch müssen wir, um die brechenden Körper im Auge zu würdigen, einige Sätze der Dioptrik vorausschicken. 1. Ein Lichtstrahl, der schief aus einem Medium in ein anderes übergeht, bleibt wohl in der Einfallsebene, wechselt aber in dieser seine Richtung und zwar so, dass er, wenn er in ein dichteres Medium gelangt, sich der Verlängerung der Senkrechten nähert, welche man an der Einfallstelle auf die Ebene gezogen denkt; ist das zweite Medium weniger dicht, als das erste, so wird der Lichtstrahl von dieser Senkrechten abgelenkt; geschieht der Einfall des Lichtstrahls perpendicular, so findet keine Ablenkung statt. (Ein Stab, der schief in ein Glas Wasser eingestellt wird, erscheint im Wasser nach unten geknickt, nicht aber bei senkrechter Einstellung.) — 2. Geht ein Lichtstrahl durch einen brechenden Körper mit parallelen Oberflächen hindurch, so wird er in diesem nach dem vorhin angedeuteten Gesetz gebrochen, verfolgt aber nach dem Austritt in der Einfallsebene eine parallele Richtung mit dem Strahl vor seinem Eintritt. — 3. Wenn der Lichtstrahl durch ein brechendes Medium geht, dessen Ein- und Austrittsstellen nicht parallel sind, so erfährt der austretende Strahl eine weitere Brechung. Sei M in

Fig. 54.

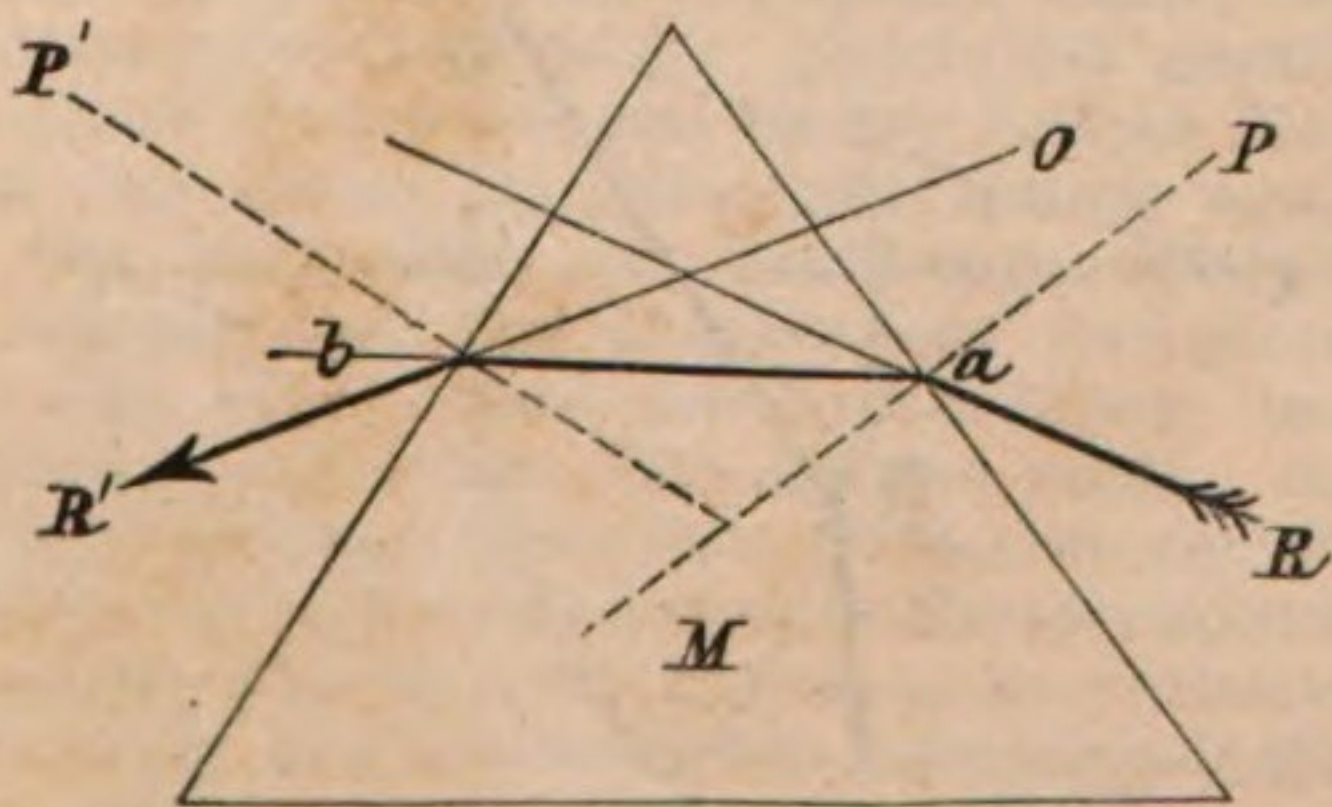
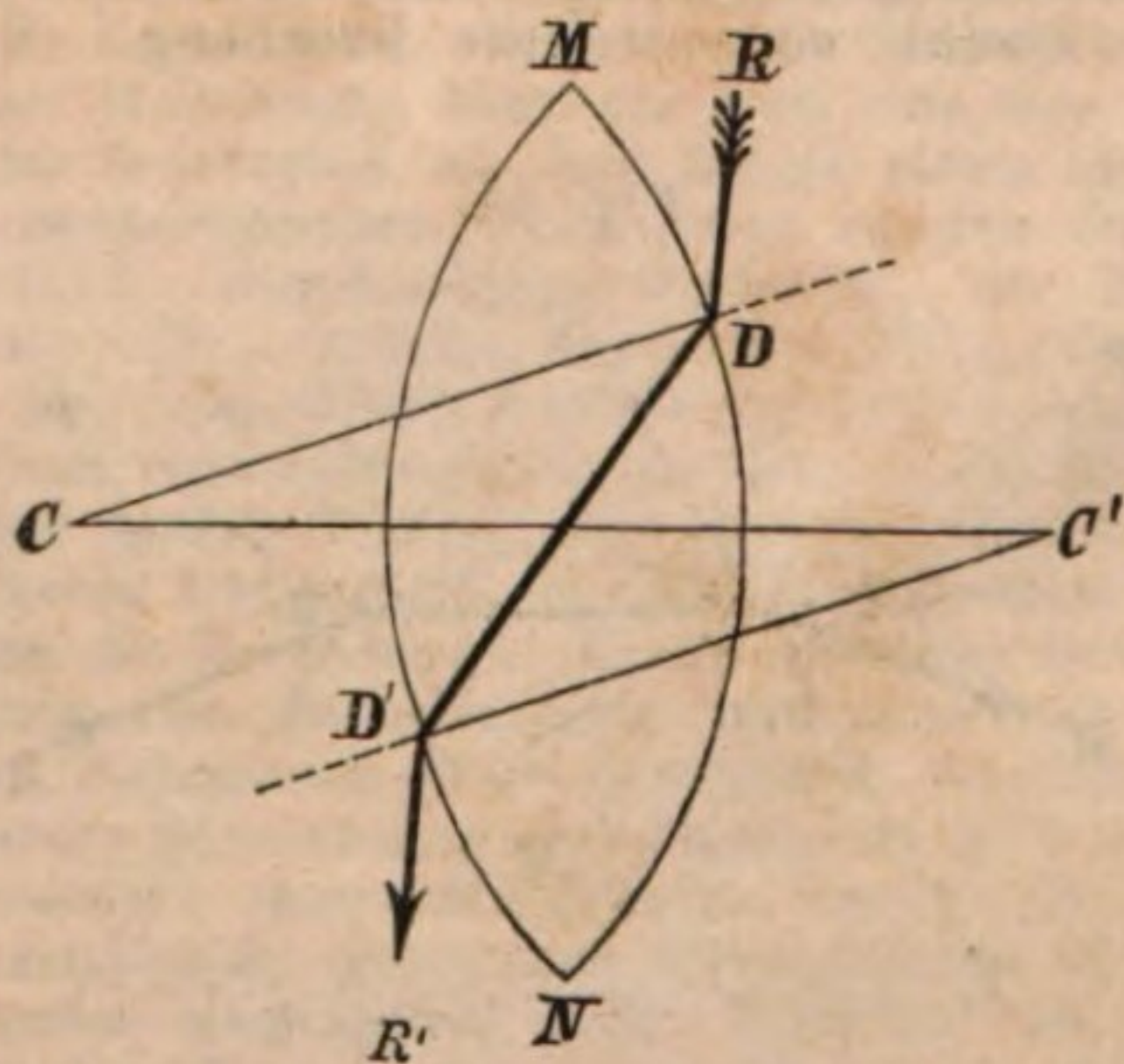


Fig. 54 ein Glas- oder Wasserprisma, so wird der aus der Luft kommende Strahl R bei a gegen das Loth P hin gebrochen; tritt er nun bei b wieder in die Luft

aus, so findet eine neue Brechung statt, aber nicht gegen das Einfallslot P' hin, sondern von diesem ab nach $b R'$. Diese Eigenschaft erklärt, warum beim Sehen durch ein Prisma, dessen Basis unten befindlich ist, die Gegenstände höher zu liegen scheinen. Sei auf unserer Figur ein R' ein Auge, und in R ein Gegenstand, so wird das Auge letzteren nicht in R , sondern in der Verlängerung des Strahls $R' b$ (etwa in O) sehen. — 4. Ist die Oberfläche eines brechenden Körpers convex, so kann man sie als aus unendlich vielen kleinen Ebenen zusammengesetzt betrachten, deren sämtliche Lothe, wenn die convexe Fläche ein Kugelsegment ist, durch den Mittelpunkt der Kugel gehen, woraus folgt, dass die Einfallstrahlen, welche die Oberfläche eines so beschaffenen dichteren Körpers treffen, die Tendenz haben, sich diesem Mittelpunkt zu nähern. Dies wird in um so viel höherem Grade der Fall sein, wenn dieses Kugelsegment nach hinten nicht mit einer ebenen Fläche, sondern wieder mit der zurückweichenden Curve eines Kugelsegments begrenzt ist. Eine solche Begrenzung constituirte die biconvexe Linse, deren Eigenschaft, die Strahlen eines Körpers in einem gewissen Abstand zu einem umgekehrten verkleinerten Bild zu sammeln, man an jedem biconvex geschliffenen Brillenglas, das man zwischen ein beleuchtetes Fenster und eine beschattete Wand bringt, erproben kann. Diese Linsenform ist es auch hauptsächlich, welche beim Auge in Betracht kömmt. An ihr müssen wir 5. noch eine weitere Eigenthümlichkeit hervorheben, die nämlich, dass jeder einfallende Strahl, wie auch sein Neigungswinkel beschaffen sei, parallel mit dem Einfallstrahl wieder austritt und sich sonach wie ein Strahl verhält, der durch einen brechenden Körper mit parallelen Flächen geht, sobald der gebrochene Strahl den Mittelpunkt der Linse durchsetzt. Sei in Fig. 55 $M N$ eine

Fig. 55.



Linse, deren Curven ihre Mittelpunkte in C und C' haben. Wir ziehen von letzteren die Radien $C D$ und $C' D'$ mit einander parallel und denken uns in

D und D' Ebenen angebracht, auf welchen diese Radianen senkrecht stehen, so müssen auch diese Ebenen mit einander parallel sein und nach 2 der durch den Mittelpunkt gehende Strahl R R' beim Austritt eine mit R D parallele Richtung D' R' einschlagen. Dieser Sachverhalt erlaubt uns bei einer geringen Dicke der Linse die kleine Abweichung von der geraden Linie zu übersehen und in den schematischen Figuren alle Strahlen, welche durch das optische Centrum der Linse gehen, als geradlinig zu betrachten. Wir bemerken dabei, dass dieses Centrum nicht immer, sondern nur wo die Begrenzungsebenen den gleichen Halbmesser haben, im Mittelpunkt der Dickenachse liegt. Im menschlichen Auge rückt er gegen die Retina hin und ist nach der Accomodation des Auges veränderlich; sein Abstand beträgt im Durchschnitt 2,88 Linien vom Scheitel der Cornea und 4,8 Linien vom Achsenpunkt der Netzhaut.

Die brechenden Medien des Auges

sind in der Reihenfolge, wie sie von dem einfallenden Lichtstrahl durchlaufen werden: 1. die vor der Hornhaut liegende Conjunctiva, aus geschichtetem Epithel und einer elastischen structurlosen Lamelle bestehend; 2. die Hornhaut; 3. die Descemetsche Wasserhaut an der inneren Hornhautfläche; 4. der Humor aqueus der beiden Augenkammern; 5. die vordere Wand der Linsenkapsel; 6. die Linse; 7. die hintere Wand der Linsenkapsel; 8. das vordere Blatt der Membrana hyaloidea; 9. die sulzige Substanz des Glaskörpers; 10. das hintere Blatt der Membrana hyaloidea. Durch alle diese muss ein Lichtstrahl wandern, wenn er auf der sensitiven Netzhaut einen Eindruck machen soll, und um von dem Gang mehrerer Strahlen, deren Vereinigung zur Herstellung eines Bildes nothwendig ist, einen Begriff zu gewinnen, müssen natürlich die Brechungsindices der einzelnen Medien, die Gestalt der Brechungsflächen und die Abstände der letzteren von einander bekannt sein. Das Problem wird indess dadurch erleichtert, dass man einzelne Membranen (die verschiedenen Wasserhäute) wegen ihrer Dünne und parallelen Flächenbegrenzung in Beziehung auf ihr Brechvermögen unbeachtet lassen kann, während der Brechungscoefficient die gleichfalls parallelwandige, dickere Hornhaut erst in der dritten Decimale, von dem des hinter ihr gelegenen Humor aqueus abweicht. Da ausserdem der Brechungscoefficient des Humor aqueus und des Glaskörpers der gleiche ist, so sieht man wohl, dass die Krystalllinse das wichtigste Brechungsmedium ist, um so mehr, da es in seinen verschiedenen Schichten auch eine verschiedene Dichtigkeit und ein verschiedenes Brechungsvermögen zeigt. Setzen wir die Luft gleich 1, so verhalten sich nach Brewster und Chossat die Brechungsindices folgendermassen:

Hornhaut	1,33
Humor aqueus	1,33
Linsenkapsel	1,35
Aeussere Linsenschichte	1,35

Mittlere Linsenschichte	1,38
Kern	1,41
Glaskörper	1,35

Die Gestalt der Brechungsflächen wird, so weit sie für den Durchgang des Lichts in Betracht kommen, durch die Krümmungshalbmesser der betreffenden Begrenzungsflächen bestimmt; diese sind im Durchschnitt für die einzelnen Medien:

Hornhaut	7—8 Millimeter,
Vordere Kapselwand	7—10 "
Hintere Kapselwand	6 "

Die Abstände der Brechungsflächen geben zugleich die Dicke der Medien an, und da sie das ganze Auge durchsetzen, können wir zur Vervollständigung auch das Dickenmass der Umhüllungsgewebe in unsere Betrachtung aufnehmen. Krause verzeichnet den Durchmesser des Augapfels durchschnittlich

in der Sehachse zu	24 Mm.
horizontal in der Quere zu	25,5 "
senkrecht zu	24 "

das Dickenmass der verschiedenen Theile in der Richtung der Sehachse:

Hornhaut	1 Mm.
Humor aqueus	2,5 "

Krystalllinse,

vordere weiche Schicht	2,0
vordere mittlere Schicht	1,3
Kern	2,0
hintere mittlere Schicht	1,0
hintere weiche Schicht .	0,7
zusammen	7,0 "

Glaskörper	12,5 "
Netzhaut und Aderhaut	0,2 "
Sclerotica	1,3 "

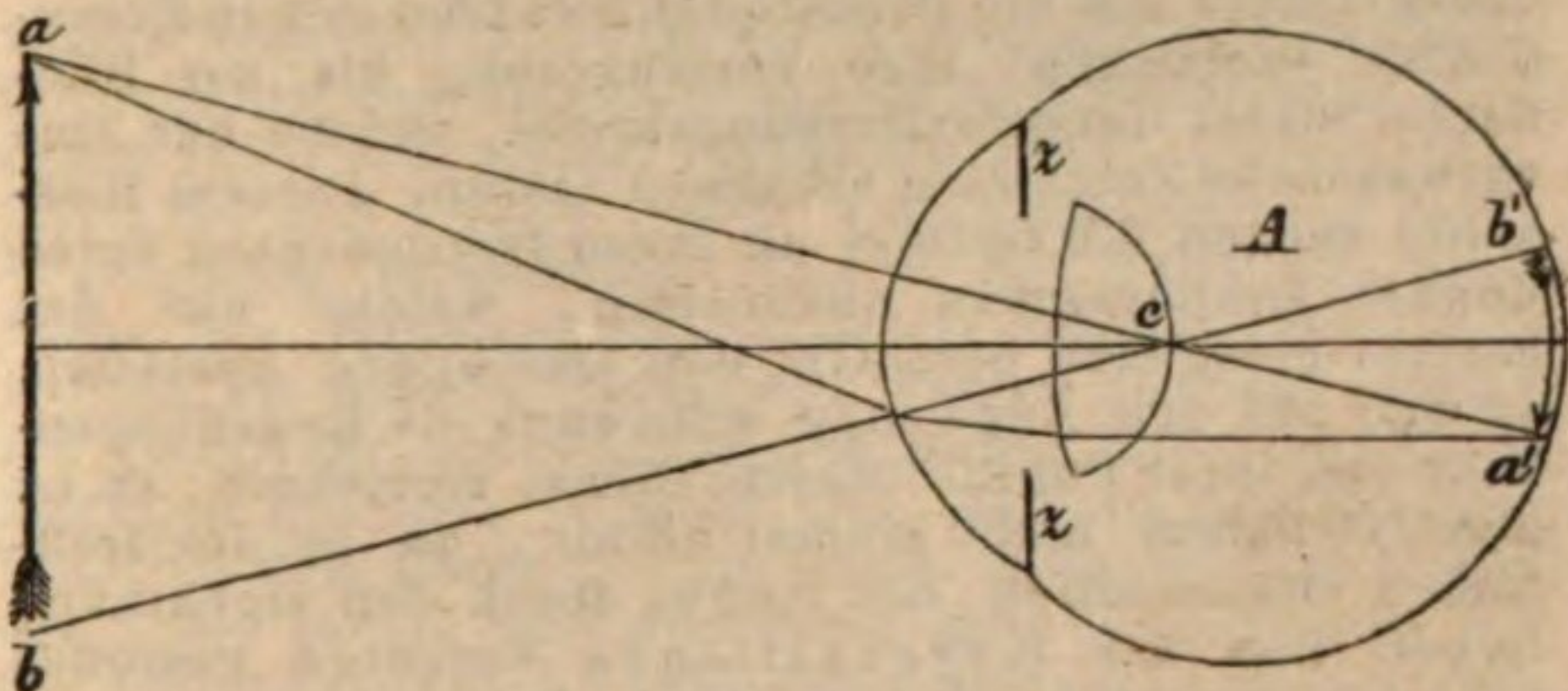
Wir haben sonach, von den Umhüllungshäuten des Augapfels umschlossen, ein zusammengesetztes Linsensystem, in welchem die Lichtstrahlen wegen des Eintretens in immer dichtere Medien durch convexe Flächen, bis sie den Linsenkern durchsetzt haben, und durch das Austreten durch immer dünnere Medien mit nach hinten zu gleichfalls convexen Flächen von kleinerem Krümmungshalbmesser mehr und mehr gegen die Tiefenachse des Augapfels hin gebrochen und an der Hinterwand desselben aufgefangen werden.

Construction des Bildes.

Ein leuchtender Körper, der auf die sensitive Membran des Auges einen Eindruck machen soll, muss von seinen verschiedenen Punkten aus Lichtstrahlen entsenden, welche von den brechenden Medien in einer Weise gesammelt werden, dass sie auf der Netzhaut ein Bild des Körpers darstellen. Wenn wir auf obige Daten das Brechungsgesetz in Anwendung bringen, welches lautet, dass ein Lichtstrahl, der aus einem Medium in ein anderes übergeht, seine Richtung an den Uebergangsstellen in einer Weise ändert, dass die Sinuse des Einfallswinkels und des Brechungswinkels (der Winkel, welche der einfallende

und der gebrochene Strahl mit dem Einfallslot (machen) sich umgekehrt wie die Brechungsindices verhalten, so stellt sich heraus, dass im normalen Auge sämtliche Strahlen eines der leuchtenden Körperpunkte, die von den brechenden Medien erfasst werden, an einem entsprechenden Punkt der Netzhaut (Hinterwand des Augapfels) sich sammeln. Sei in Fig. 56 der Pfeil $a\ b$ ein leuchtender Körper und A

Fig. 56.



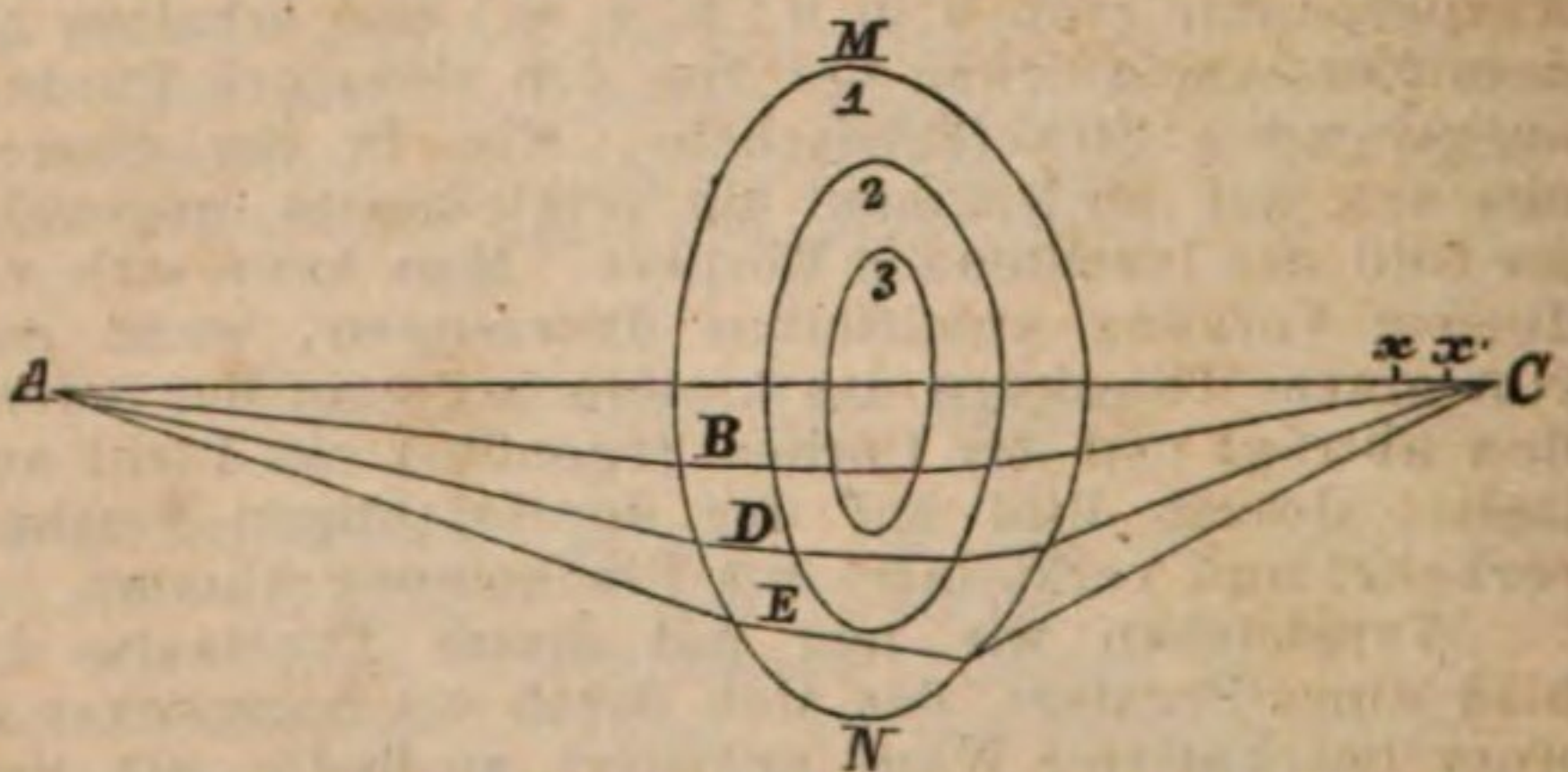
das Auge, dessen verschiedene Theile leicht kennbar sind, in seiner Gesamtheit als Linse aufgefasst, in welcher der Punkt c das optische Centrum darstellt. Wenn nun der leuchtende Punkt a , von dessen die Cornea treffendem Strahlenbüschel wir zwei Strahlen hervorheben, mit dem einen in gerader Linie durch das optische Centrum geht (cfr. S. 248. 5) und die Netzhaut in a' trifft, so wird bei der für das Sehen richtigen Adaptation des Organs, welche wir beim normalen Auge voraussetzen, jeder andere Strahl des gedachten Büschels, wie er auch durch die verschiedenen Brechungsmedien in anderen Ebenen gebrochen werden mag, gleichfalls in demselben Punkt mit dem Centralstrahl zusammentreffen. Wir haben sonach in jedem Achsenstrahl die Directionsline für die einzelnen Körperpunkte (von b in b' u. s. w.) und erhalten aus dem Zusammenwirken der von den einzelnen Punkten ausgehenden Strahlenbüscheln, wie in der Camera obscura, auf der Netzhaut ein verkleinertes umgekehrtes Bild des leuchtenden Körpers. Man kann sich von diesem Vorgang unmittelbar überzeugen, wenn man von einem Thierauge das hintere Segment der Sclerotica abträgt und der Cornea gegenüber ein Licht aufstellt, dessen Bild auf der durchsichtigen Netzhaut verkehrt und verkleinert zur Erscheinung kömmt.

Vergleichen wir nun mit dieser Thatsache das Bild eines Fensters, das sich durch ein biconvexes an einer beschatteten Wand projecirt, so finden wir, dass nur die mittlere Partie deutlich und klar erscheint, die gegen den Rand hin gelegenen Theile aber mehr und mehr sich verwaschen. Dieses Undeutlichwerden einzelner Bildtheile nennt man

sphärische Aberration,

und sie hat ihren Grund in dem Umstand, dass nicht alle Lichtstrahlen, welche durch den von zwei Kugelflächen begränzten Linsenkörper gehen, in dem nämlichen Focus zusammentreffen. Dies ist nur bei denen der Fall, welche sich in der Nähe der Linsenachse befinden und daher fast senkrecht die Linse treffen, während die mehr nach aussen und schief auffallenden Strahlen mit stärkerer Convergenz austreten und daher früher als die centraleren Strahlen sich in Brennpunkte vereinigen; ihre Verlängerung bis zur Bildfläche bildet dann Zerstreuungskreise, welche nur eine verwaschene Zeichnung erkennen lassen. Diesem Missstand suchen die Optiker an ihren Instrumenten durch dunkle Diaphragmen abzuhelpen, welche nur den central gelegenen Strahlen den Durchgang gestatten, — und bei dem Auge mag wohl auch die Regenbogenhaut mit ihrer Pupille diesen Dienst verrichten; er ist aber vielleicht nicht einmal nöthig, da in der trefflichen Organisation des Auges durch den eigenthümlichen Bau der Krystalllinse Vorsorge getroffen ist. Letztere ist nämlich nicht durch Kugelflächen, sondern nach vorn durch eine elliptische, nach hinten durch eine parabolische begränzt, eine Einrichtung, welche die Beseitigung der sphärischen Aberration sehr zu begünstigen scheint und in den Optikern das bis jetzt unerfüllte Streben weckte, die Linsen ihrer Instrumente in ähnlicher Weise herzustellen. Indess ist diess nicht die einzige Vorsorge, welche die Natur zu Beseitigung der sphärischen Aberration getroffen hat. Von noch grösserer Wichtigkeit für die Sammlung der Strahlenbüschel eines leuchtenden Punkts in demselben Focus ist die zweckmässige Schichtung verschiedener Brechungsmedien in der Krystalllinse. Sei in Fig. 57 M N die Krystalllinse

Fig. 57.



mit ihren verschiedenen Schichten 1, 2, 3. Der in der Achsennähe gelegene Strahl A B habe nach seinem Durchgang durch 5 Schichten seinen Focus in C. In der gewöhnlichen aus Kugelsegmenten bestehenden Linse würde nun der Randstrahl A E seinen Focus in x finden, hat ihn aber hier in C, weil die Schichte 1, die er allein zu durchsetzen hat, ein schwächerer

Refractor ist. Der Strahl A D verläuft weniger dem Rand genähert und müsste deshalb seinen Focus etwa in x' haben, findet ihn aber gleichfalls in C, weil er die Schichte 2 und die Doppelschichte 1 zu durchsetzen hat.

An den homogenen Linsen bemerken wir ausser dem Verwischen der Randzeichnung auch noch regenbogenfarbige Bänder. Es ist eine bekannte Sache, dass in der Camera obscura ein Lichtstrahl, der durch ein Glasprisma geht, an der Hinterwand ein längliches Farbenbild, das sogenannte Spectrum, wirft und das weisse Sonnenlicht durch die in dieser Weise bewirkte Zerstreuung des Strahls in sieben farbige Strahlen, von denen jeder eine andere Brechbarkeit hat, zerlegt wird. Auch bei den Linsen macht sich einigermaßen diese Erscheinung bemerklich. Da in der Nähe des Centrums die vorderen und hinteren Flächen der Linse nahezu als parallel betrachtet werden können, so sind die durch sie hervorgerufenen Bilder allerdings nicht merklich gefärbt; je mehr sich aber die einfallenden Strahlen dem Rand nähern, desto näher tritt ihr Focus der Linse selbst, und der durch ihre Verlängerung bis zur Auffangungsfläche gebildete Zerstreuungskreis zeigt dann die Zerlegungen des weissen Lichts in seine farbige Strahlen. Man nennt diese Erscheinung die

chromatische Aberration,

welcher die Optiker dadurch abzuhelpen suchen, dass sie eine convexe Linse von schwächerer Farbenzerstreuung (Crown Glas) unter gewissen berechneten Bedingungen mit einer concaven, welche die farbigen Strahlen noch mehr zerstreut (Flint Glas), in Verbindung bringen und das auf diese Weise fast farblos (achromatisch) gewordene Bild durch eine dritte Linse vollkommen achromatisiren. Wir werden wohl die Achromasie, welche der optische Augenapparat zeigt (sie ist freilich keine vollkommene, wie sich bei dem Sehen durch farbige Gläser erweist, indem z. B. ein Gegenstand im violetten Glas viel näher erscheint, als im rothen), wohl einer ähnlichen Einrichtung zuschreiben müssen, denn wir sehen in Wirklichkeit (cfr. Fig. 53) im Auge eine Combination von drei Linsen mit verschiedenem Brechvermögen und verschiedenen Begrenzungsflächen, die vorderste (vordere Augenkammer) eine convexconcave, die mittlere (KrySTALLINSE) eine biconvexe, und die hintere (Glaskörper) eine concavconvexe Linse. Man hat die Achromasie des Auges dem Umstand zuschreiben wollen, dass die vollständige Vereinigung der Strahlenbüschel eines leuchtenden Punkts in einem einzigen Focus die Zerstreuung in farbige Strahlen unmöglich mache; allein es gibt eine mangelhafte Anordnung des Augenapparats, in welchem ein ferner Gegenstand seinen Bildfocus nicht auf der Netzhaut, sondern vor derselben findet (Kurzichtigkeit). Die Einzelstrahlen erleiden also bis sie die Netzhaut treffen, jene die Chromasie begünstigende Zerstreuung, und doch sieht auch der Kurzsichtige das ferne Object nur undeutlich, nicht aber mit Regenbogenfarben. Wo letztere vorkommen,

hat man es nicht mehr mit einem normalen physiologischen Zustand zu thun.

Diese Betrachtung führt uns auf das Verhalten des auf der Netzhaut entstehenden Bildes zu nahen und entfernten Gegenständen. Bei der homogenen Linse der Camera obscura eines photographischen Apparats muss, damit sich das Bild auf der mattgeschliffenen Glastafel der Hinterwand deutlich abzeichne, die Entfernung der letzteren, nach dem Abstand des Objects regulirt werden; der fernere Gegenstand hat seinen Focus in weiterer, der nähere in geringerer Entfernung von der Linse, und es ist Bedingung einer deutlichen Bildconstruction, dass dieser Focus in der auffangenden Fläche liege. Nach diesem optischen Gesetz könnte das Auge nur für eine bestimmte Entfernung deutliche Bilder gewinnen, wenn ihm nicht das Vermögen der

Accommodation

zukäme. Die Physiologen sind darüber noch nicht im Reinen, ob das ruhende Auge für mittlere oder weite Entfernungen eingestellt sei. Die Anhänger der ersteren Ansicht führen als Grund an, dass man beim Fernsehen das Auge ebenso anstrengen müsse, wie beim Nahesehen, während die Verfechter der letzteren den Umstand hervorheben, dass man nach lange geschlossenen Liden im Moment der Oeffnung derselben die ferneren Gegenstände deutlicher unterscheide und nach angestrengtem Fixiren eines nahen Gegenstandes die Richtung des Auges in die Ferne mit einem Gefühl des Wohlbehagens verbunden sei. Nehmen wir für den Augenblick die erstere Hypothese an. Die Accommodation für eine gewisse Tiefe der Entfernung wäre schon in der Dicke der Retina gegeben, indem der oberflächlich aufgefangene Focalpunkt ebensogut ein erregbares Nervenelement trifft, wie der, welcher in die tiefste Lage der Netzhaut reicht. Um jedoch für letztere ausserhalb des Rahmens dieser Retinaeinstellungszone ein deutliches Bild zu gewinnen, müsste nach dem für die photographische Camera geltenden Gesetz beim grösseren oder geringern Abstand des Objects die Retina der Krystalllinse ferner oder näher gerückt werden können. Nun wäre es allerdings möglich, dass die Thätigkeit der geraden Augenmuskeln durch Zurückziehen eine Verkürzung der Sehachse (Einstellung für das Nahesehen) bewirken. Allein es ist nicht constatirt, dass es sich wirklich so verhält, und die Anstrengung müsste wohl eine so bedeutende sein, dass sie an diesen dem Willen dienenden Muskeln klarer zum Bewusstsein käme, als diess wirklich der Fall ist. Auch kann man sich eine Einstellung für das Fernsehen durch einen solchen äussern Modus nicht wohl denken; und dazu kommt noch, dass Accommodationserscheinungen auch am ausgeschnittenen Auge hervorgerufen werden können.

Eine andere Art der Accommodation würde durch eine veränderliche Form der Linse bedingt. In der Camera kann man das Verschieben der Hinterwand unterlassen, wenn man dafür vorn eine entsprechende

Linse einsetzt. Die Möglichkeit einer solchen Veränderung gibt nun gerade die der Kapsel zunächst anliegende weiche Schichte der Krystalllinse, und auch das Agens dafür ist in dem sogenannten Ligamentum ciliare gefunden, in welchem man in neuerer Zeit einen aus circularen und radialen glatten Fasern bestehenden Muskel erkannt hat. Die Thätigkeit dieses Muskels ist von verschiedenen Seiten verschiedentlich beurtheilt worden. Wir folgen hier der Darlegung O. Beckers, der durch seine neuesten Untersuchungen unter kritischer Würdigung seiner Vorgänger zu dem Resultat gelangt ist, dass das Auge in seiner Ruhe für die Fernsicht accommodirt sei, eine Anschauung, welche um so mehr Wahrscheinlichkeit gewinnt, als auch die Untersuchungen über die innere Accommodationsmuskulatur zur Zeit noch keine Erscheinungen ermittelt haben, welche sich auf eine Einstellung für grössere Entfernungen deuten lassen. — Soll der dioptrische Apparat des Auges für einen nahe gelegenen Punkt eingestellt werden, so contrahiren sich gleichzeitig der ganze Ciliarmuskel und die Circular-, vielleicht auch die Radialfasern der Iris; soll umgekehrt die Einstellung auf einen ferneren Punkt übergehen, so lässt der Ciliarmuskel in seiner Contraction nach oder erschlafft ganz, und die Radialfasern der Iris contrahiren sich unter gleichzeitiger Erschlaffung der circulären oder diese erschlaffen einfach und geben dadurch den schon contrahirten radialen das Uebergewicht. — Durch die Contraction des als dreiwandiges, die eine Kante nach innen kehrendes Prisma verlaufenden Ciliarmuskels werden sein äusserer Endpunkt und der mit ihm verbundene peripherische Theil der Iris nach hinten und innen, sein hinterer äusserer Endpunkt und die mit ihm verbundenen Partien der Aderhaut und Retina nach vorn gezogen, während die innere Kante (in Folge der Thätigkeit der Circularfasern des Ciliarmuskels) nach innen rückt und sich der Achse des Auges nähert. Während die Iris in ihrem peripherischen Theil nach innen und hinten gezogen wird, rückt ihr Pupillartheil nach vorn und ziehen sich die Ciliarfortsätze, indem sie an Länge und Dicke verlieren, gegen den Ciliarmuskel zurück. — Gleichzeitig mit diesen Vorgängen im Ciliarmuskel und in der Iris finden Veränderungen in der Linse statt, die darin bestehen, dass die vordere Fläche gewölbter wird und sich der Cornea nähert, während die hintere Fläche ihren Platz ziemlich behält und ihre Krümmung kaum ändert, so dass ihre Sehachse länger, ihr Durchmesser in der Aequatorialebene kürzer wird. Diese Formveränderung kommt dadurch zu Stande, dass der sich contrahirende Ciliarmuskel das Haltband der Krystalllinse, die Zonula Zinnii erschlafft. Nach Massgabe dieser Erschlaffung strebt die Linse, die durch den Zug der Zonula nach aussen an ihrer Peripherie gespannt war und abgeflacht wurde, ihrem Ruhezustand zu. Lässt dagegen der Ciliarmuskel in seiner Contraction nach, so spannt sich die Zonula wieder, die Linse wird flacher, die Iris rückt an ihrer Peripherie wieder vor, ihr Pupillartheil tritt mit der sich abflachenden Linse zurück, und

die aufs neue anschwellenden Ciliarfortsätze schieben sich zwischen die Linse und die Iris nach vorn und innen in die hintere Augenkammer. — Die Bewegungen des Ciliarmuskels und der Iris sind associirt und geschehen synergisch; die Iris übt aber keinen directen Einfluss auf die Formveränderungen der Linse, welche erfolgen, wenn auch die Iris fehlt. Dagegen hängen die Bewegungen der Ciliarfortsätze von dem Spiel der Iris und den Contractionen des Ciliarmuskels ab. Bei fehlender Iris verändern sie ihre Form und Lage nicht.

Die stärkere und schwächere Wölbung der vorderen Krystallinsenfläche ist sonach das Hauptmoment bei der Accommodation, welche für am Stahr operirte Personen gänzlich verloren geht. *) Sind in einem Bilde nahe und ferne Gegenstände vereinigt, so wird nur derjenige deutlich, welcher von dem Auge fixirt, das heisst, in die Accommodationszone gezogen ist; was vor oder hinter der letzteren liegt, fällt in den unklaren Bereich der Zerstreuungskreise. — Obgleich nun bei der kurzen Brennweite der Krystalllinse schon kleine Veränderungen zureichen, um dem Zweck der Accommodation zu entsprechen, gibt es doch Augen, für welche die Accommodationsvorrichtungen nicht ausreichen, da der dioptrische Bau derselben das Entwerfen deutlicher Netzhautbilder nur aus der Nähe oder aus der Ferne gestattet. Dieser Fehler, welchen man

Nah- und Fernsichtigkeit (Myopie und Presbyopie)

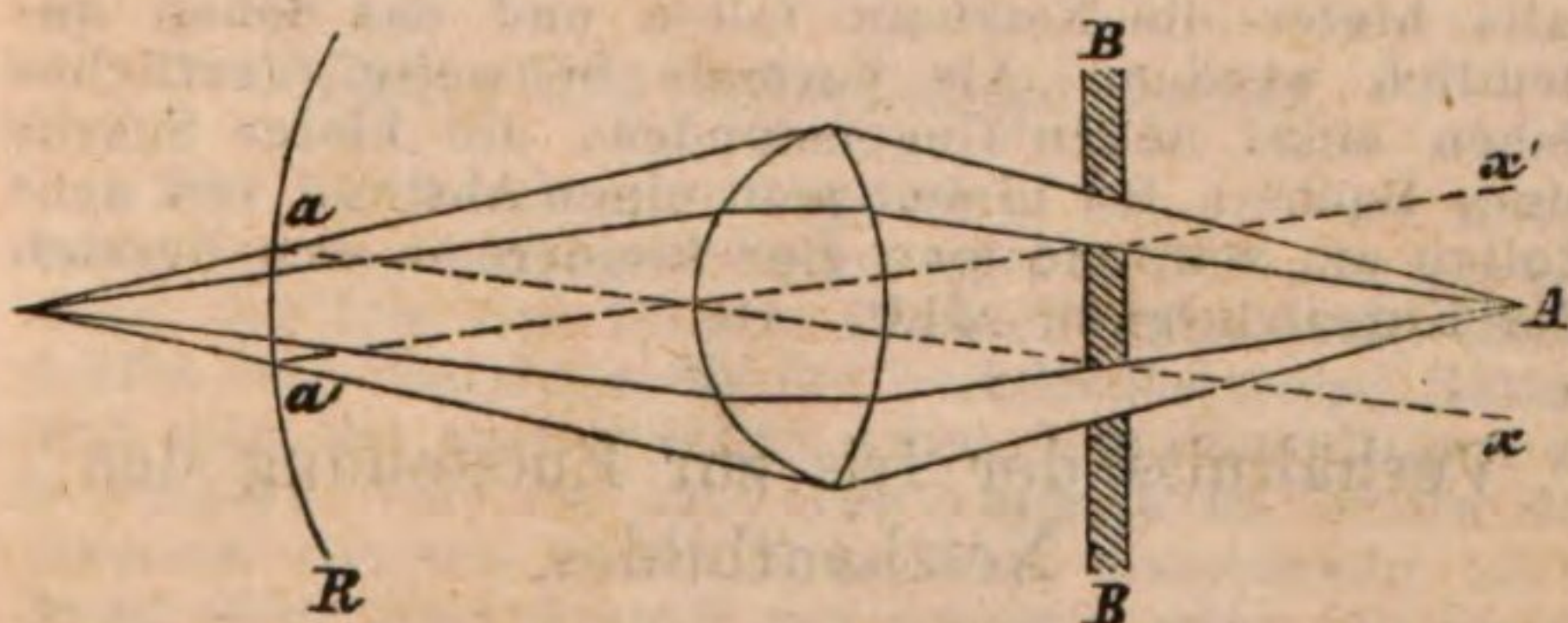
nennt, hat seinen Grund in dem Umstand, dass bei dem Nahsichtigen ein ferner Gegenstand seinen Bildfocus nicht auf der Netzhaut, sondern vor derselben findet und daher letztere nur durch die vom Focus ausfahrenden Zerstreuungsstrahlen und ihre Zerstreuungskreise getroffen wird. Beim Fernsichtigen dagegen hat ein nahes Object seinen Focus hinter der Retina, so dass die Strahlen diese treffen, noch ehe sie sich vereinigt haben. In beiden Fällen kann sich daher auf der Netzhaut nur ein undeutliches Bild entwerfen, und der Nahsichtige muss daher, wenn er fernere Gegenstände deutlich sehen will, eine Zerstreuungslinse vor das Auge bringen, respective sich einer concaven Brille bedienen, während der Fernsichtige beim Nahsehen einer Linse bedarf, welche die Strahlen des Gegenstandes stärker bricht (convexe Brille). Die Bedingungen der Myopie und der Presbyopie liegen nicht in dem Fehlen des Accommodationsvermögens, denn ein durch die Brille richtig eingestelltes Auge accommodirt sich verschiedenen Objectentfernungen

*) Bei solchen Personen ist überhaupt das Sehen nie vollkommen scharf, und die Focusse des Bildes, die auf die Retina fallen, begegnen daselbst je nach der Entfernung der Objecte grössern oder geringeren Zerstreuungskreisen.

so gut wie das normale, sondern ein abnormes Verhalten der Brechungsflächen (Cornea, Krystalllinse), die zu gewölbt oder zu flach gebaut sein können. Die starke Wölbung der Cornea, welche bei jungen und mittelalterlichen Personen Myopie zur Folge hat, kann sich im Alter bei Minderung der Säfte abflachen und zum normalen Sehen reguliren, während andererseits gute Augen im Alter in der Regel fernsichtig werden und für die Nähe sich convexer Brillen bedienen müssen. *)

Es ist nicht selten von praktischem Werth, die gewöhnliche Einstellung des Auges mit Genauigkeit zu bestimmen (bei der Wahl der Brillen z. B., bei der Conscription). Zu diesem Zweck dient der Scheinersche Versuch. Man sticht mit einer Nadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, deren Abstand von einander kleiner sein muss, als der der Pupille, und betrachtet durch dieselbe eine senkrechte Linie auf weissem Grund. Ist das Auge der Linie sehr nahe, so erscheint sie doppelt, einfach dagegen nur in einer gewissen Entfernung, welche der Grenze des deutlichen Sehens entspricht. Der Vorgang ist folgender: Sei in Fig. 58 A ein Punkt in der schwarzen Linie und BB das Kartenblatt mit seinen zwei Oeffnungen. Der von A dem Auge zuströmende Lichtkegel

Fig. 58.



wird durch den zwischen den beiden Löchern befindlichen Raum getheilt und kann darum angesehen werden, als entsende A durch die Löcher zwei kleine Kegel, welche isolirt durch die brechenden Medien des Auges dringen. Da in unserer Figur das Object als sehr nahe angenommen ist, so vereinigen sich die Strahlenkegel hinter der Retina, während sie auf dieser selbst zwei kleine Zerstreuungskreise a und a' bilden. Der Punkt A wird sonach doppelt gesehen und jedes der ein wenig vergrößerten Bilder in die Richtung der durch das optische Centrum gehenden Strahlen x und x' verlegt. Eben so verhält sichs,

*) In der Regel sind die beiden Augen des Menschen für ungleiche Entfernungen eingestellt, ohne dass man es weiss. Auch dieser Umstand mag zur Accomodation beitragen, indem man für verschieden entfernte Gegenstände bald das eine, bald das andere Auge verwendet, ohne dass man sich dieser Sonderoperation bewusst wird.

wenn man den Objectpunkt in eine grosse Ferne verlegt, nur mit dem Unterschied, dass der Focus der beiden Kegel vor der Retina zusammentritt und diese durch die Zerstreuungskreise der auseinanderfahrenden Strahlen getroffen wird. Wenn nun der Punkt A von dem Diaphragma weiter ab (ein Versuch mit dem ferneren Punkt näher) gerückt wird, so gibt es einen Moment, in welchem derselbe nur einfach zur Anschauung kömmt. Dies geschieht, wenn die beiden getheilten Strahlenkegel nicht mehr vor oder hinter, sondern convergirend auf die Netzhaut fallen, und damit ist der Abstand des deutlichen Sehens gefunden. Man kann ein solches doppelt durchbohrtes Diaphragma und die senkrechte Linie mit ihrer Ebene, die um der Beleuchtung willen aus einem mattgeschliffenen Glas bestehen mag, in zwei gegen einander bewegliche Perspectivröhren fassen und die Auszugsröhre mit einer Scala versehen; auf diese Weise construirt man sich einen Ooptometer, der die Grenze des deutlichen Sehens mit grosser Genauigkeit angibt.

Man kann das kurzsichtige Auge als für divergirende, das fernsichtige als für convergirende, das normale als für parallele Strahlen eingestellt bezeichnen. Auch das letztere hat in Betreff der Accommodation seine Grenzen, und wenn Gegenstände ihm sehr nahe gerückt werden, so muss das Bild gleichfalls hinter die Netzhaut fallen und das Sehen undeutlich werden. Als normale Sehweite (deutliches Sehen eines nahen Gegenstandes, die kleine Schrift eines Buchs z. B.) nimmt man einen Abstand von acht Zollen an, während man eine kleinere in den Bereich der Kurzsichtigkeit zählt.

Verhältniss der Iris zur Entstehung des Netzhautbildes.

Wir haben oben gesehen, dass mit der Bewegung des Ciliarmuskels auch entsprechende Bewegungen der Regenbogenhaut erfolgen, ohne jedoch einen Einfluss auf die Spannung und Erschlaffung der Krystalllinse zu üben. Ihre Bedeutung liegt in einer anderen Richtung: die von ihr umschlossene Pupille, die durch die an ihrem inneren kleinen Ring gelagerte Circularfaserschicht verengt, durch ihre Radialfasern erweitert werden kann, bezeichnet den Weg, durch welchen die Lichtstrahlen gehen müssen, um auf der Netzhaut ein Bild entwerfen zu können; jeder Strahl, der die Cornea trifft, ohne in seiner Brechung durch die Pupille zu gehen, wird von der nach Art eines Diaphragmas ausgespannten und an ihrer Hinterseite mit schwarzem Pigment versehenen Regenbogenhaut aufgefangen; letztere hat also zunächst den Zweck, die Randstrahlen abzublenken, während sie bei ihrer Erweiterung dazu dient, mehr Licht einzulassen, in ihrer Verengerung ein zu grelles Licht durch Minderung der Strahlen abzuschwächen. Dadurch wird sie durch ihre Contractilität zu einem Regulator für die Intensität des Lichts und somit für die Deutlichkeit des Netzhautbildes, da man auch in der Camera

obscura minder stark beleuchtete Gegenstände weit schärfer contourirt sieht, als grell beleuchtete. Allerdings kömmt hiebei der vitale Act des Sehens mit ins Spiel, für das die Empfindlichkeit der Netzhaut dem Bild im Auge sowohl als dem auf der matten Glastafel gegenüber mit in Rechnung genommen werden muss. Die Netzhaut bedarf, um vollkommen zu wirken, nur einer mittleren Lichtintensität; das Mehr oder Weniger übt einen nachtheiligen Einfluss. Daher bewirken auch Substanzen, welche die Sensibilität der Netzhaut abstumpfen, Erweiterung, solche die sie steigern, Verengerung der Pupille. Der erste dieser Acte (Zusammenziehung der Radialfasern) geht, wie wir wissen, unter dem Einfluss des Nervus sympathicus (S. 234) (Radix sympath. ganglii ciliaris), der letztere (Contraction der Circularfasern) unter dem des Oculomotorius (S. 216) (Radix brevis ganglii ciliaris) vor sich. Reflectorisch wird die Pupille beiderseits durch Reizung der Netzhaut, einseitig durch Reizung der beiden oberen Trigeminusäste verengt. (Wir haben S. 217 gesehen, dass Durchschneidung dieses Nerven in der Schädelhöhle die gleiche Wirkung übt.) Zu den Mitbewegungen, deren wir eine bei der Contraction des Musculus ciliaris kennen lernten, gehört auch die Verengerung der Pupillen bei stärkerem Convergiere der beiden Augen.

Rolle des Aderhautpigments.

Das schwarzbraune Pigment, das von der Aderhaut des Auges ausgeschieden wird und an der Hinterseite der Iris den Namen Uvea (Traubenhaut) führt, bildet eine Unterlage für die halbdurchsichtige Retina und hat im menschlichen Auge denselben Dienst zu verrichten, wie der schwarze Anstrich im Innern der Camera obscura. Das ins Auge eingehende Licht kann seine Nutzwirkung nur äussern, wenn die Lichtstrahlen hinter der Retina absorbiert werden; denn befände sich hinter der letzteren eine reflectirende Fläche, so würden die nach allen Richtungen reflectirten Lichtstrahlen das Sehen im hohen Grade verwirren. Die Albinos, welchen das Pigment mehr oder weniger fehlt, sehen nur schlecht. An der Uvea hat das Pigment den Zweck, die von den hinter der Iris gelegenen transparenten Medien reflectirten Lichtstrahlen zu vernichten.

Reflexbilder im Auge.

Indess wird trotz des schwarzen Ueberzugs des Augeninneren nicht alles Licht, das bei der Herstellung des Netzhautbildes keine Verwendung fand, absorbiert, sondern ein Theil desselben regelmässig zurückgeworfen, da die Trennungsflächen der einzelnen Augenmedien das Licht nicht bloss durchlassen, sondern auch nach Art der Spiegelflächen zurückwerfen. Den Beweis dafür liefert der Purkinje - Sansonsche Versuch. Wenn man in einem dunkeln Zimmer etwa anderthalb Fuss von dem zu beobachtenden Auge ein helles Licht so aufstellt, dass dieses mit dem Auge

des Beobachters in dem beobachteten Auge einen Winkel von 15 bis 20 Graden bildet, so kann man in letzteren drei Spiegelbilder der Lichtflamme wahrnehmen, von denen das hellste nach dem Rand hingerückt und aufrecht erscheint; es muss nicht nothwendig im Bereich der Pupille liegen und rührt unverkennbar von der Cornea her. In der Pupille aber sieht man nun zwei weitere Bildchen, ein grösseres mattes, das gleichfalls aufrecht zwischen den beiden kleineren steht, und das dritte, welches das kleinste von allen und heller als das mittlere, aber lange nicht so hell wie das Cornealbildchen ist, von dem es sich noch ausserdem durch seine umgekehrte Lage unterscheidet. Convexe Spiegel liefern aufrechte Bilder; daher muss, wie das hellste Bildchen von der Cornea, das dunkle in der Mitte von der vorderen Fläche der Krystalllinse herrühren, während das mittelhelle verkehrte der hinteren Linsenfläche entstammt. Vermittelt dieses Versuchs lassen sich nun auch die Accommodationserscheinungen studiren. Lässt man bei der erwähnten Stellung des Lichts und des Beobachters die Versuchsperson einen Gegenstand in der Nähe und dann in grösserem Abstand fixiren, so findet man, dass bei der Einstellung für die Nähe das mattere aufrechte Licht an Helle etwas gewinnt und dem Hornhautbildchen näher, das heisst mehr nach vorn rückt, während die Lichtbildchen, welche von der Cornea und der Hinterwand der Krystalllinse hervorgerufen werden, in ihrer Lage verbleiben. Daraus geht hervor, dass in der Wölbung der vorderen Linsenwand eine Veränderung eingetreten ist und zwar ihr Halbmesser sich verkleinert, respective der Scheitel der vorderen Linsenwand sich dem der Hornhaut genähert hat (cfr. S. 255). Durch Messungen ist ermittelt worden, dass im normalen Auge der Krümmungshalbmesser der vordern Linsenwand beim Fernsehen 8,8, beim Nahesehen 5,9 Millimeter, der Abstand des vorderen Linsenscheitels vom Hornhautscheitel im ersteren Fall 3,9, im letzteren 3,4 Mm. beträgt.

Das Sehen.

Unter Sehen verstehen wir die Reception des Bildeindrucks durch den Sehnerven und die Fortpflanzung desselben nach dem Gehirn, einschliesslich der Gegenoperation des letzteren, welches jeden auf die Retina geübten Reiz, selbst wenn es innerliche oder Druckreize sind, nach aussen verlegt. Die Netzhaut ist nichts anderes als die Ausbreitung des Sehnerven selbst, die, obschon sie nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ '' dick ist, doch mehrere Schichten unterscheiden lässt und nicht bloss aus nervigen, sondern auch aus bindegewebigen Elementen besteht. Unter dem Microscop erkennt man namentlich eine ansehnlich entwickelte bindegewebige Gerüstsubstanz, welche die ganze Retina als ein System radialer Stützfasern durchzieht; letztere stellen durch zahllose feine Ausläufer ein sehr zartes Netzwerk her und bilden nach innen, indem sie unter eigenthümlicher Erbreiterung zusammenfliessen, die

glasartige, elastische *Membrana limitans interna*, nach aussen über der sogenannten äussern Körnerschicht die erst neuerdings von Schultze aufgefundene *Membrana limitans interna*. Durchsetzt wird diese bindegewebige Gerüstsubstanz von den nervigen Elementen, zu welchen wir die Fasernausbreitung des *N. opticus* unter der innern Grenzhaut, die Ganglienschicht, theilweise die Elemente der beiden Körnerschichten, Fasern zwischen den radialen Bindegewebsfasern der Zwischenschichten und die Zapfen und Stäbchen der Aussenschicht zählen. Von letzteren, welche senkrecht zur Fläche der Netzhaut stehen, und nach innen mit den gangliösen und körnigen Elementen, desgleichen mit den nach dem Eintritt in die Retina als Achsencylinder verlaufenden Fasern des Sehnerven in Verbindung treten, scheinen die Zapfen für den Sehact die meiste Bedeutung zu haben, da an der lichtempfindlichsten Stelle der Retina, die zugleich die dünnste ist, ausser ihnen keine anderen Nervenelemente wahrgenommen werden. Die Netzhaut zeigt nämlich nicht überall die gleiche Erregbarkeit für die Lichtstrahlen, sondern erscheint am empfindlichsten in ihrer Mitte, da wo bald nach der Geburt die *Macula lutea*, eine des dunklen Choroidalpigments ermangelnde Stelle, entsteht; sie ist von einer erst nach dem Tod sich bildenden Falte, *Plica centralis*, umgeben und hat in ihrer Mitte, in der *Fovea centralis*, ihre dünnste und empfindlichste Partie, welche nicht eben mit dem hinteren Ende der Augenachse zusammenfällt, sondern etwas nach aussen und unten von dieser zu stehen kömmt. Die Helmholtz'sche Gesichtslinie, das heisst, der Richtungsstrahl für das deutlichste Sehen schneidet die Augenachse und tritt innerhalb und etwas über dieser durch die Cornea aus. Was in der Verlängerung dieser Linie und deren nächster Umgebung liegt, hebt sich in dem Seheffect am schärfsten hervor, während alles weiter abstehende mehr und mehr verschwimmt.

Dass es gerade die Zapfen und Stabkörper und nicht die Faserelemente des Sehnerven sind, welche die Perception des Lichtbildes vermitteln, kann aus vergleichenden Versuchen dargethan werden. Auch das intensivste Licht, direct auf den abgedeckten Sehnerven geleitet, bewirkt im verdunkelten Auge keine Iriszusammenziehung, während eine solche alsbald eintritt, wenn man einen Lichtstrahl durch die Pupille leitet. Desgleichen ist gerade die Stelle, wo der Sehnerv in die *Sclerotica* eintritt, gegen Lichtstrahlen unempfindlich, wie sich aus dem Mariotteschen Versuch ergibt. Wenn man in einem Abstand von drei bis vier Zollen auf einem Blatt Papier rechts eine schwarze Scheibe und links ein schwarzes Kreuz verzeichnet, dann das rechte Auge schliesst und mit dem linken die Scheibe fixirt, so verschwindet in einer gewissen Entfernung des Auges das Kreuz vollständig, während die Scheibe deutlich in dem Gesichtsfelde bleibt. Ebenso verhält es sich umgekehrt, wenn man bei geschlossenem linkem Auge mit dem rechten das Kreuz betrachtet; es verschwindet dann die Scheibe. Bernouilli hat gezeigt, dass die Richtungslinie dieser

erblindenden Flecks von diesem aus direct nach dem Colliculus nervi optici (der Eintrittsstelle des Sehnerven) führt, welcher der Stab- und Zapfenschicht entbehrt und bloss aus Fibrillen besteht. Man kann sich vermittelst des Augenspiegels *) überzeugen, dass wirklich Licht bis auf den Sehnerven fällt, denn man unterscheidet durch denselben häufig innerhalb des Sehnerven noch Windungen der Centralgefässe, die ganz von der Nervenmasse überdeckt sind; dies wäre aber nicht möglich, wenn nicht Licht zu ihnen hin dränge und von ihnen wieder zum Auge des Beobachters gelangte. Eine in der geeigneten Entfernung und Richtung angebrachte kleine Lichtflamme kommt erst zur Perception, wenn das Bildchen eine Stelle erreicht, die ausserhalb der Grenzen des Sehnerveneintritts liegt. An der Stelle des blinden Flecks hat man die Empfindung, als verbreite sich die Nachbarfläche des Bilds über dieselbe weg, und wenn eine in der Mitte unterbrochene Linie so dem Auge entgegengestellt wird, dass die Unterbrechung gerade auf die blinde Stelle fällt, so sieht man eine vollständige, ununterbrochene Linie. Die Fasern nämlich, welche den in die Netzhaut eintretenden Sehnerven constituiren, sind die Enden derselben Fasern, welche direct oder indirect mit den Zapfen und Stäbchen in Verbindung stehen. Nur die letzteren werden vom Licht afficirt, erregen aber die Nervenenden des Opticus und bewirken eine gewisse Veränderung, welche sich dem Gehirn mittheilt und die entsprechenden Empfindungen veran-

*) Der Augenspiegel oder das Ophthalmoscop hat zum Zweck, die tiefer gelegenen Partien des Auges zu unterscheiden, was unter gewöhnlichen Umständen wegen des wenigen, vom Augengrund reflectirten Lichtes und wegen des Umstandes, dass die untersuchende Person durch ihr Hintreten vor das Auge die Beleuchtung von aussen hindert, nicht angeht. Wenn man aber vermittelst eines zweckmässig erhellten Hohlspiegels nach dem Auge hin eine grosse Lichtmenge concentrirt und eine Stellung nimmt, dass man die auf das zu untersuchende Auge gerichtete Strahlen nicht hindert, so kann man bis auf den Grund dieses Organs sehen. Es lässt sich ferner das Bild des Augengrundes durch die Anwendung von Linsen, welche man hinter dem Spiegel in ein centrales Loch desselben einsetzt, vergrössern und das Gefässnetz der Retina wahrnehmen, ja bei starker Beleuchtung sogar die pigmentlose Stelle unterscheiden, wo der Sehnerv eintritt. Die Construction der Ophthalmoskope ist verschieden, obschon nach den gleichen Grundsätzen eingerichtet. Ein sehr zweckmässiges von Follin besteht aus einem Hohlspiegel, der das Licht einer seitlich von dem zu untersuchenden Auge aufgestellten Flamme auffängt und es vermittelst einer Linse in dem zu untersuchenden Auge noch mehr concentrirt. Der Hohlspiegel ist in seiner Mitte mit einer kleinen Oeffnung versehen, durch welche der Beobachter mit oder ohne Benützung von einsetzbaren Linsen seine Untersuchungen anstellen kann.

lasst. Wären die Opticusfasern direct für Licht erregbar, so würde ein Bild, welches auf irgend einen Theil der Retina und auch auf eine Stelle des Colliculus fiel, denselben Nerven an zwei Orten erregen, wodurch wahrscheinlich die Empfindung eine Beeinträchtigung erlitte. Darum kann auch keine Lücke im Gesichtsfeld entstehen, und man muss nothwendig statt des auf dem Sehnerven stehenden Bildes den Grund der Nachbarfläche zu sehen vermeinen (Budge). — Wenn nun hieraus als bewiesen erscheint, dass die Fibrillen des eintretenden Stammes für die Lichtwellen unempfindlich sind, so spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die fadigen Nervengebilde auch in anderen Netzhauttheilchen sich ebenso verhalten, wie denn überhaupt punktförmige Organe der Perception der focalen Lichtpunkte weit besser entsprechen müssen, als lineare.

Wir haben gesagt, dass das Gehirn die auf die Netzhaut gemachten Eindrücke nach aussen verlege, und zwar geschieht diess ganz in der Richtung des eingefallenen Lichtstrahls, welchem die Vorstellungsoperation in allen seinen Brechungen bis zu dem Punkte folgt, von welchem er ausgegangen ist. Denken wir uns das verkehrte Netzhautbild für sich bestehend und den Gegenstand, von dem es ausgeht, verschwunden, so würde in einer dunkeln Kammer die Ausstrahlung der Netzhautbildchen in der Entfernung, in welcher sich der Gegenstand befand, diesen in seiner vollen Grösse, Form und aufrechter Stellung auf der Auffangfläche darstellen. Dieser theoretisch richtige Satz lässt sich in einem dunklen Raum am ausgeschnittenen Auge mit beleuchteten Bildchen, die man an der abgetragenen Hinterwand anbringt, experimentativ beweisen. Hieraus folgert man nun, dass das cerebrale Perceptionsorgan nicht das auf der Netzhaut befindliche Bildchen, sondern die Strahlen des leuchtenden Objects selber sehe, und erklärt daraus die Thatsache des

aufrechten Sehens.

Ob dies wirklich die richtige Deutung ist, oder ob nicht vielmehr durch eine entsprechende Kreuzung der Opticusfasern (unabhängig von der im Chiasma) die Umkehrung des Netzhautbildchens bewirkt werde, steht noch unerwiesen. Power wenigstens hat am *Loligo* und an einigen andern Thieren bemerkt, dass die Fasern der Sehnerven hinter der Sclerotica eine verticale Kreuzung eingehen und glaubt aus dieser anatomischen Anordnung, welche er auch anderwärts vermuthet, die Erscheinung des Aufrechtsehens erklären zu dürfen.

Je ferner ein Gegenstand ist, desto kleiner erscheint er. Diese Verkleinerung der entfernten Gegenstände, auf welcher die Perspektive beruht, gründet sich auf die Vergrösserung oder Verkleinerung des

Schwinkels,

unter welchem man den Winkel versteht, der durch je zwei Endpunkte des Gegenstandes mit dem opti-

schen Centrum (cfr. S. 249) gebildet wird. Was dem Auge unter demselben Sehwinkel erscheint, macht auf dieses den Eindruck gleicher räumlicher Grösse; da aber der unter dieser Bedingung auftretende fernere Gegenstand in Wirklichkeit grösser ist, so kommen für die Würdigung der Entfernung und der wahren Grösse ausser dem Accommodationsgefühl und dem Zusammenwirken beider Augen (wovon später) auch Vergleichung, Erfahrung, Urtheil in Betracht. Dies gibt freilich Anlass zu mancherlei Täuschungen, die in verschiedenen Umständen ihren Grund haben. Ueber Entfernungen täuscht man sich leicht, wenn zwischen dem fixirten Object und dem Auge keine Gegenstände liegen, welche der Vergleichung einen Anhaltspunkt bieten. So hält man eine Thurmspitze, die ohne Vordergrund über den Fenstersims emporragt, für sehr nahe und das Zenith des Himmels für näher, als einen Punkt des Horizonts. Danach richtet sich auch die Täuschung in Betreff des Grössenverhältnisses, indem wir vermeintlich fernere Gegenstände für grösser halten, so den aufgehenden Mond im Gegensatz zu dem hochstehenden. Auch die Bewegung des Beobachters übt einen beirrenden Einfluss. Beim Fahren auf der Eisenbahn erscheinen die Landschaftspartieen näher und grösser, als sie sind. Eine weitere Gesichtstäuschung in Betreff der Grösse liegt in der Erscheinung der Irradiation, vermöge welcher ein schmaler heller Streifen neben einem gleich breiten dunklen grösser erscheint. Das hellere Licht wirkt hier auf die dunklen Nachbartheile hinüber. Aus diesem Grund scheint die Sichel des Monds einer grösseren Kugel anzugehören, als der dunkle Theil desselben. In Figur 59 sprechen die neben einander

Fig. 59.



liegenden Figuren nicht als Kreise, sondern als Ellipsen an. Noch anschaulicher kann man sich dies machen, wenn man eine schwarze Scheibe auf weisser Unterlage und eine gleich grosse weisse auf schwarzem Grund betrachtet.

Grenze der Sichtbarkeit für das unbewaffnete Auge.

Die Körper hören in gewissen Entfernungen auf, den Sehnerven zu erregen, und auch nahe können so klein sein, dass sie nicht mehr gesehen werden. Hierbei ist der Grund der Beleuchtung von Wichtigkeit, und einigermaßen kann auch die Irradiation mitwirken. Ein dunkler Körper auf hellem Grund entschwindet bei sich mehrendem Abstand dem Auge früher, als ein heller auf dunklem Grund, und man

sieht ein weisses Staubkörnchen noch auf schwarzer Fläche, während ein gleich grosses schwarzes auf weisser Fläche nicht mehr wahrgenommen wird. Die Fixsterne sieht man am dunklen Nachthimmel in scheinbarer Grösse, obschon sie selbst in den stärksten Telescopen nur als leuchtende Punkte erscheinen. Zur Unterscheidung eines Körpers sind mehrere Punkte erforderlich, die von eben so vielen Nervenfibrillen aufgefasst und dem cerebralen Perceptionsorgan zugeführt werden müssen, da ihre Weiterleitung durch eine einzige Fibrille eben den Eindruck eines Punktes, nicht eines Körpers geben würde. Wir haben aber die Zapfen und Stäbchen der Retina als die erregbaren Endorgane des N. opticus kennen gelernt, und da diese einen Dickendurchmesser von $0,0012-0,002''$ haben, so sollte ein Körper sich mit seinen Endpunkten doch mindestens in einer Breite von $0,0012''$, das heisst, unter einem Sehwinkel von 51 Sekunden auf der Netzhaut projeciren, um auf das Gehirn einen Eindruck zu machen. Da nun der Projectionswinkel des Netzhautbildchens ein Verticalwinkel zu dem Sehwinkel ist und das (nach der Accommodation verschiedene) optische Centrum im Durchschnitt $4,8''$ Achsenabstand von der Retina hat, so lässt sich durch einfache Proportion berechnen, wie gross für gegebene Entfernungen ein Gegenstand sein muss, um vom Auge noch wahrgenommen werden zu können (cfr. S. 249). Dieser Hypothese scheint allerdings die Erfahrung zu widersprechen; denn Valentin erkannte unter heller Beleuchtung Striche von $0,003''$ Breite bei einer Entfernung von $20''$, was ein Retinabild von $0,00007''$ Breite ergibt, und auch ich kann den Zug eines Haares von $0,02''$ Dicke auf $25''$ (Breite des Retinabilds nahezu $0,0004$) unterscheiden. Allein man darf bei diesem Versuch nicht ausser Acht lassen, dass die Länge des Objects noch einen Eindruck macht, den wir subjectiv als ein Bild des Strichs oder Haares deuten. Wenn ich ein Haar von derselben Dicke und nur $\frac{1}{3}''$ Länge betrachtete, war es in einem Abstand von $15''$ kaum noch zu unterscheiden und in einem grösseren verschwunden. Hier ergibt das Retinabild eine Länge von $0,015''$ und eine Breite von $0,003''$; ein Verhältniss, das sich mit der Annahme, eine Nervenfibrille könne nicht zwei Eindrücke zu gleicher Zeit leiten, recht gut verträgt.

Dauer des Lichteindrucks und der Uebertragung.

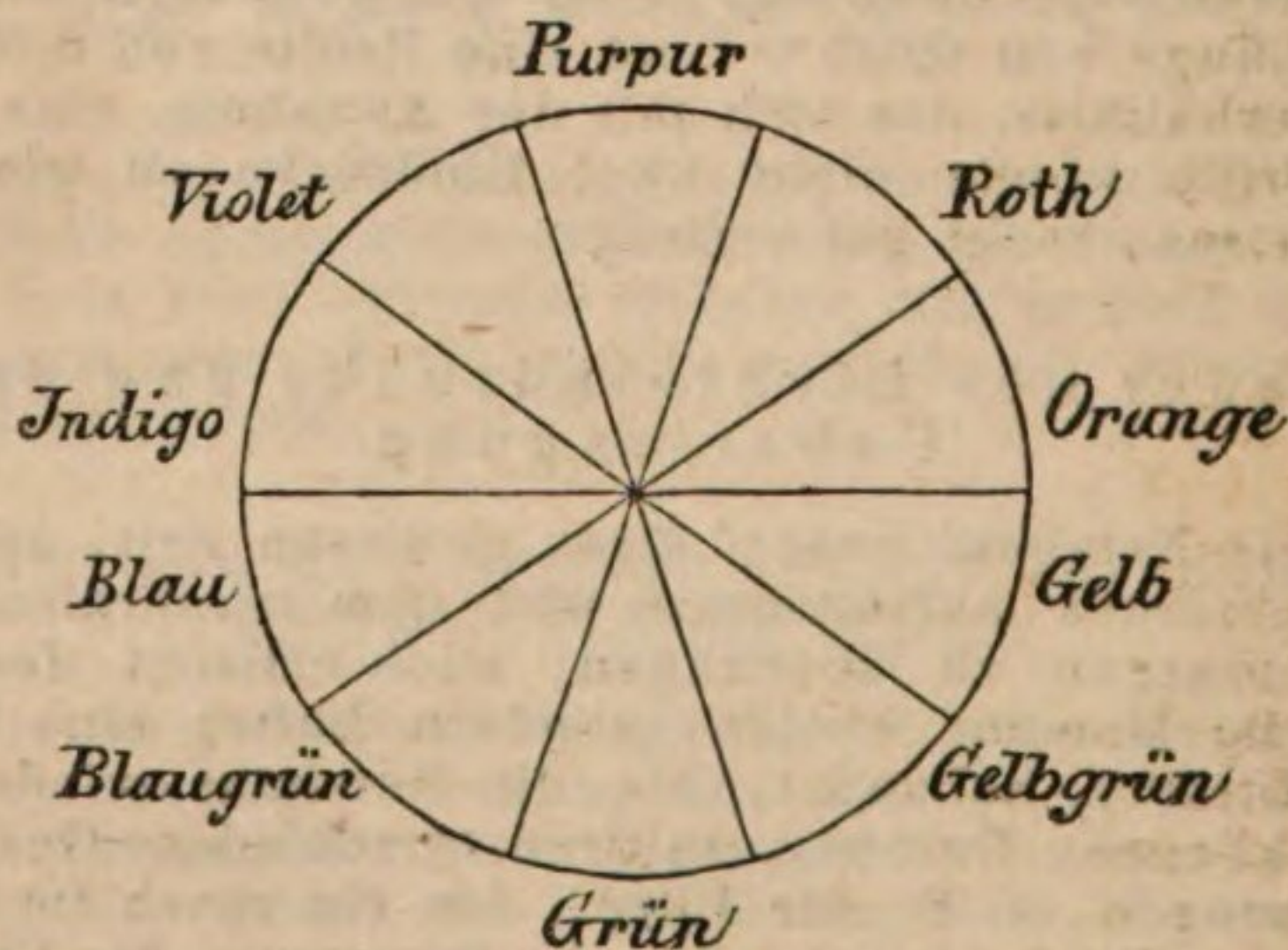
Die Netzhaut bedarf einer gewissen Zeit, um den Lichteindruck aufzunehmen und dem cerebralen Perceptionsorgan zu übertragen; auch erlischt derselbe nicht im Moment wieder, sondern haftet eine Weile (im Mittel $\frac{1}{3}$ Sekunde), bis die Netzhaut wieder zur Ruhe kömmt. Daraus resultiren verschiedene Gesichtstäuschungen, z. B. der Ring, den ein rasch im Kreis bewegter Funke beschreibt, die Bewegung der Figuren in der Wunderscheibe u. s. w. Schnell bewegte dunkle Körper dagegen, z. B. die Kugel einer Schusswaffe, die Täuschungen der Taschenspieler kommen gar nicht

zur Wahrnehmung, weil die Eindrücke helleren Lichtes fort dauern, wenn der dunkle Körper schon vorüber gegangen ist. Wahrscheinlich kömmt hiebei auch die Irradiation in Mitthätigkeit.

F a r b e n.

Die Retina wird nicht bloss vom Licht überhaupt afficirt, sondern spricht auch auf die Qualität desselben, die Farben der Objecte, an. Von ihrer Verschiedenheit hängt nicht nur sehr oft das deutliche Sehen ab, indem man eine hellere Farbe leichter unterscheidet, als eine dunkle, sondern die Eindrücke der Farben selbst bestimmen die Netzhaut zu Reactionen, die man mit dem Namen der farbigen Nachbilder bezeichnet und die sich nach dem Gesetz der Regenbogenfarben ergänzen. Man fixire das Licht einer Lampe und bedecke dann das Auge mit der Hand, so wird der erhaltene Eindruck einige Sekunden, nach langem Fixiren wohl mehrere Minuten fortwähren. Nimmt man statt des Lichts einen lebhaft gefärbten Gegenstand, z. B. roth, so geschieht dasselbe. Anfangs sind solche Nachbilder mit den realen identisch, bald aber nehmen sie unter Beibehaltung der Form eine neue Färbung an, die wieder verschwindet, um der ursprünglichen Platz zu machen; dann kömmt wieder die andere Farbe, bis zuletzt der Eindruck erlischt und die Netzhaut zur Ruhe kömmt. Diese Farbenabwechslung bewegt sich in dem Rahmen der sogenannten Ergänzungsfarben; in dem Beispiel von roth findet die Oscillation zwischen roth und grün statt. Die Farben, wie sie im Spectrum auftreten, sind nämlich verschieden starke Brechungen des weissen Lichtes, und ihre Zusammenfassung gibt Weiss; bringt man nun eine von diesen Farben mit einer anderen in Verbindung, so dass sie durch ihre combinirte Brechung gleichfalls Weiss herstellen, so nennt man letztere die Ergänzungsfarbe der ersteren.

Fig. 60.



(In der Figur 60 sind die entsprechenden Ergänzungsfarben scheidelrecht einander gegenüber gestellt. Wirken

zwei oder mehr verschiedene Farben, die sich nicht ergänzen, gleichzeitig auf die Netzhaut ein, so erhält sie den Eindruck einer Mischfarbe, die gleichfalls ihr Complement in einer Mischung der entsprechenden Ergänzungsfarben findet. Gänzlicher Mangel des Lichts gibt schwarz.) — Man bemerkt solche farbige Nachbilder, wenn man ein grelles Licht lang fixirt hat, auch mit offenem Auge. Hat man lange in die rothe untergehende Sonne gesehen, so sieht das abgemattete Auge noch immer ein grünes Sonnenbildchen. Auch die Irradiation macht sich in den Ergänzungsfarben geltend, indem die scheinbare Vergrößerung des heller gefärbten Gegenstandes sich in einem Streifen kundgibt, welcher den Rand des dunkleren Körpers mit seiner Complementärfarbe belegt. Eine blaue Oblate auf weisser Unterlage, die man lange fixirt, erhält zuletzt einen orangefarbenen Ring. Diese Eigenthümlichkeit der Netzhaut beim Sehen wird auch für die Malerei und Industrie mit Vortheil benützt. Zwei Ergänzungsfarben nehmen sich neben einander viel effectvoller aus, als wenn sie getrennt sind, weil jede an ihrer Grenze die Empfindung der Nachbarfarbe weckt und dadurch den Glanz derselben erhöht.

Die deutlichsten Farbenwahrnehmungen werden durch den gelben Fleck in der Retina vermittelt. Der Farbensinn ist bei manchen Menschen sehr entwickelt, so dass sie Farbennüancen noch unterscheiden, die auf die Mehrzahl keinen Eindruck machen; dagegen gibt es eine fehlerhafte Einrichtung des Sehapparats, welche auch sehr ungleiche Farbentöne nicht unterscheiden lässt (Farbenblindheit), und gewöhnlich ist es eine Complementärfarbe, welche gerade so wie ihr Paarling anspricht. Der Physiker Dalton sah in dem Grün einer Buche dieselbe Farbe, wie an dem rothen Uniformsrock eines englischen Offiziers. Die mit dem höchsten Grad dieses Uebels Behafteten unterscheiden im Spectrum nur zwei Farben und nennen alle Schattirungen vom roth bis zum grün gelb, den Rest aber blau.

Auch psychische Eindrücke, Erinnerungen, Träume, Krankheiten des Gehirns und der Augen können in dem Sensorium farbige Bilder hervorrufen. Wenn wir die Augen schliessen und wir die Aufmerksamkeit möglichst abspannen, so sehen wir uns von farbigen Bildern umgaukelt, die allen Versuchen, sie zu fixiren, Trotz bieten und stetig andere Gestalten annehmen. Man kann dies ein waches Träumen nennen, das häufig genug dem Einschlafen vorausgeht.

Entoptische Bilder.

So nennt man die Bilder, welche im Auge selbst befindliche Objecte auf die Netzhaut werfen und somit zur Wahrnehmung bringen. Hieher gehören Trübungen und Verdunkelungen der brechenden Medien des Auges, wenn namentlich bei parallel einfallendem Licht ihre Schatten auf die Netzhaut fallen; sie erscheinen in der Form von dunklen Flecken, Kugeln, Streifen, Perlchen u. s. w. und sind zum Theil stabil,

zum Theil beweglich, je nachdem das Erzeugungsobject oder eine hinter diesem gelegene Brechungsfläche (Linsenkapsel) fest oder beweglich ist. Auch der Schatten der Retinagefässe kann auf die Stabschichte fallen, und dadurch zur Anschauung kommen. Wenn man in einem sonst dunklen Zimmer eine Lichtflamme nahe vor dem Auge hin und her bewegt, so erscheinen, wegen der Projection ins Sehfeld bedeutend vergrössert, die Retinagefässe nach und nach in immer grösserer Vollständigkeit (Purkinje's Netzhautaderfigur); man sieht dann im rechten Auge die Eintrittsstelle des Sehnervens rechts, den gelben Fleck (und zwar scheinbar gefässlos) links. Auch die Bewegung der Blutkugeln in den Netzhautcapillaren kann, wenn man ein Schneefeld oder das beleuchtete Milchglas einer Lampe fixirt, percipirt und zur Messung der Capillarblutgeschwindigkeit ($\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Millim. in der Sekunde) benützt werden. — Ein gleichmässig von vorn nach hinten geübter Druck auf den Augapfel bringt die grossen Netzhautgefässe in bläulich silberglänzender Farbe, ausserdem aber auch die innere Schichte der Choroidalgefässe und zwar als intensivrothes Netz mit den für diese Capillarität unverkennbaren Formen der schwarz erscheinenden Maschenräume zur Wahrnehmung. — Drückt man leidlich auf das geschlossene Auge, so entsteht nach dem Gesetz, dass jede Reizung des Sehnervens sich in Lichteffecten kundgibt, im Auge ein rother Fleck, dessen Form sich nach der des drückenden Körpers richtet. Dies geschieht indess nur auf leisen Druck; ein stärkerer bewirkt eine ausgedehntere Röthung, die indess zurücktritt gegen eine andere viel lebhaftere Erscheinung, die eines ansehnlich grösseren abgerundeten dunklen Flecks mit breiter leuchtender Einfassung, welcher der Druckstelle gegenüber oder, beim Druck auf einen äusseren Augenwinkel, häufig sogar in dem äusseren Augenwinkel des anderen Auges bemerkt wird (Phosphene).

Binoculares Sehen.

Beim gewöhnlichen Sehen wirken beide Augen zusammen, wodurch der Vortheil eines grösseren Gesichtsfeldes, die Correction von Fehlern des einen Auges durch das andere, eine Anschauung des Raums nach seiner Tiefe und damit eine genauere Würdigung der Grösse und Entfernung von Gegenständen gewonnen wird. — Natürlich projecirt sich auf jeder Netzhaut ein Bild des fixirten Gegenstandes, und es erhebt sich desshalb die Frage, wie es komme, dass man trotz des doppelten Eindrucks auf das Gehirn in der Regel die Gegenstände nur einfach percipirt. Man hat die Vermuthung aufgestellt, dass beim einfachen Sehen immer nur ein Auge thätig sei, und bei Personen von ungleicher Sehweite, wie auch bei Schielenden mag diess seine volle Richtigkeit haben; indess beruht das einfache Sehen mit zwei Augen doch auf einem andern Gesetz.

Wenn man einen Gegenstand, ein Bleistift z. B. senkrecht zwischen beide Augen hält und hinter dem-

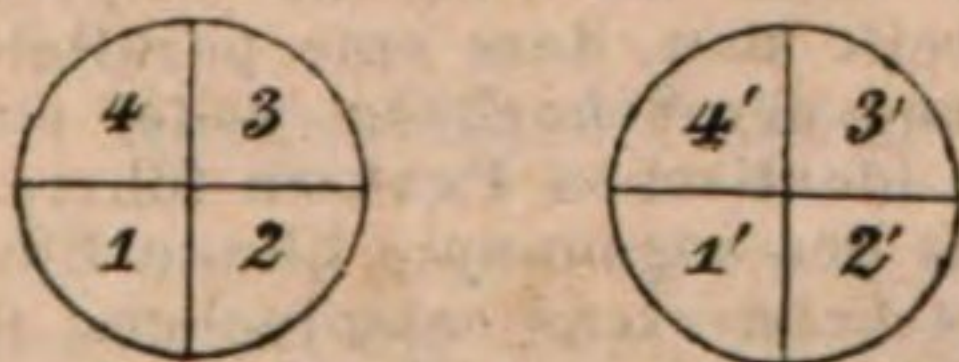
selben einen Gegenstand fixirt, so erscheint der letztere einfach, das Bleistift aber doppelt. Hält man zwei Bleistifte hinter einander in der gleichen Lage und fixirt das vordere, so sieht man das letztere einfach und das hintere doppelt. Um also ein einfaches Bild von einem Gegenstand zu gewinnen, ist es nöthig, dass die Sehachsen in dem fixirten Gegenstand zusammen treffen. Fixirt man einen Gegenstand und verrückt man durch Druck die Sehachse des einen Auges, so sieht man ihn doppelt. Daraus geht hervor, dass eine Bedingung des deutlichen einfachen Sehens das Convergen der beiden Sehachsen in dem Gegenstand ist, und man kann hiefür durch einen entgegengesetzten Versuch den Ergänzungsbeweis führen. Wenn man nämlich vor jedem Auge eine Röhre so anbringt, dass ihre Achse in der Verlängerung der Sehachse liegt, und die beiden Sehachsen in einer gewissen Entfernung sich schneiden, so kann man hinter dem Ende der Röhren in ihre Achsenverkürzung zwei gleiche Kugeln einsetzen und gewinnt dann für beide Augen den Eindruck eines einzigen Körpers.

Diejenigen Netzhautpunkte, auf welchen in beiden Augen das Bild auffallen muss, um eine deutliche einfache Vorstellung von einem Gegenstand zu liefern, nennt man

die identischen Netzhautstellen,

die man zum Zweck der Bezeichnung sich so denkt, als seien die hinteren Kugelsegmente der Augen in einander geschoben und entspreche jedesmal ein äusseres Retinafeld einem inneren — in Figur 61

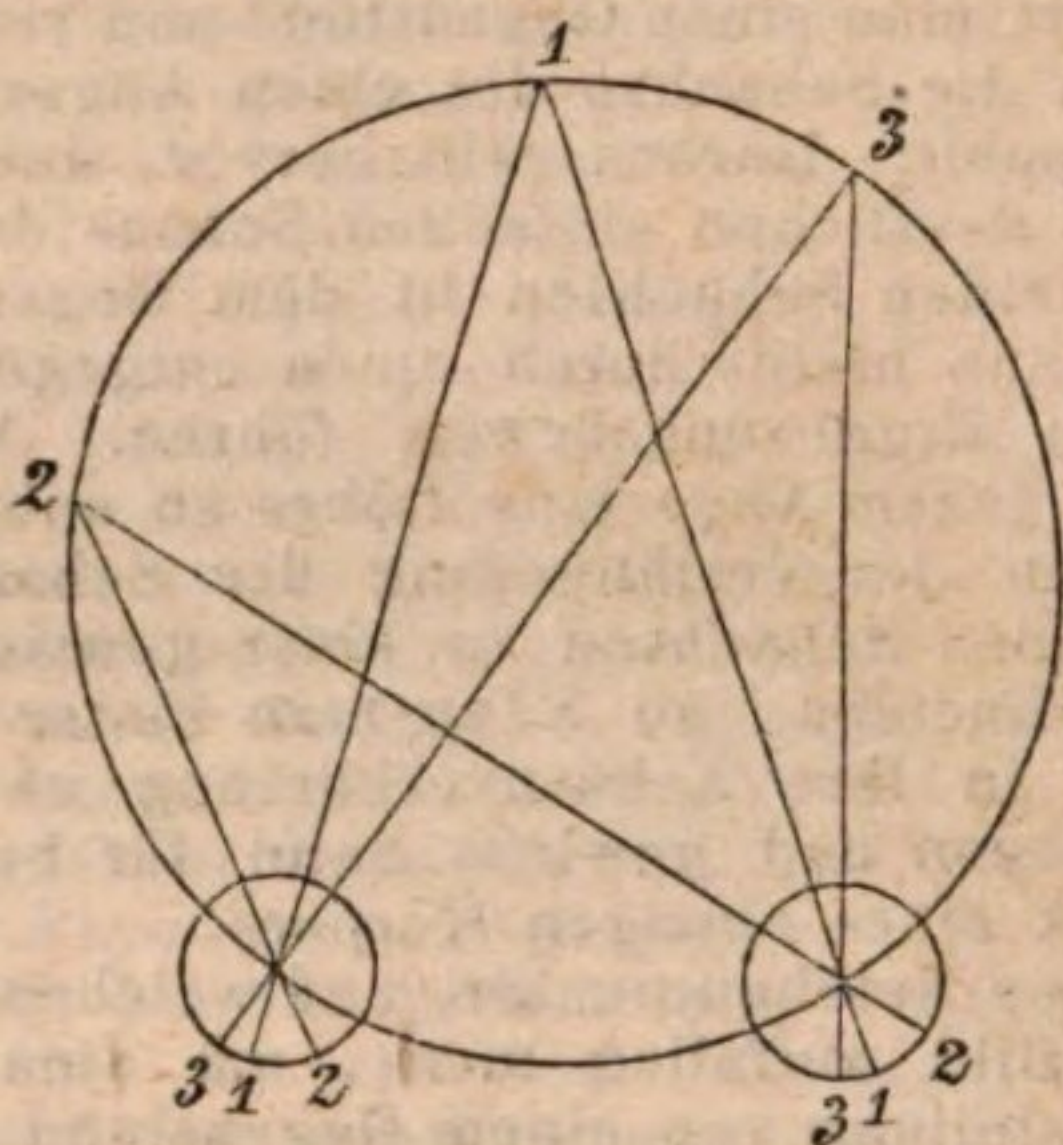
Fig. 61.



1, 2, 3, 4 den Feldern respective Punkten 1', 2', 3', 4'. Nehmen wir in Figur 62 die Punkte 2 und 3 als solche an, die in beiden Augen als 2 Endpunkte eines Körpers einfach recipirt werden: der Richtungsstrahl von 2 trifft sodann das linke Auge an der Innen-, das rechte an der Aussenseite, während der von 3 im linken an der äusseren, im rechten an der innern Seite auffällt. Fig. 62 dient ferner, um die genaue Bestimmung der identischen Punkte anschaulich zu machen. Durch eine gegebene Entfernung, welche natürlich für die Augenstellung massgebend ist, und die optischen Mittelpunkte der beiden Augen kann man sich geometrisch einen Kreis construiren, in welchem der zwischen den optischen Augenmittelpunkten gelegene Bogen das halbe Mass sämmtlicher von der Kreis-peripherie zu den Augenmittelpunkten gezogenen Winkel (man nennt solche Winkel die optischen) ist.

Diesen Kreis nennt man den Horopter. Sei nun 1 der im Kreis (man kann ihn sich auch zur sphärischen Fläche ausgedehnt denken) gegebene Gegenstand, so begreift sich, dass nur diejenigen Punkte, welche in

Fig. 62.



der Krümmungslinie des Horopters liegen, den Bogen zwischen den optischen Mittelpunkten der Augen zum Mass haben können, und durch die Gleichheit der optischen Winkel wird sonach, wenn nur eine Richtungslinie gegeben ist, der correspondirend identische Punkt aufs genaueste bestimmt. Daraus folgt denn auch, dass bei der gegebenen Augenstellung nur die im Horopter liegenden Punkte einfach gesehen werden, Punkte aber, die innerhalb oder ausserhalb des Horopters sich befinden, nicht auf identische Stellen treffen und desshalb nicht als einfache ansprechen können. Eben so begreift man, dass eine parallele oder divergirende Stellung der Sehachsen weder einen Horopter gibt, noch zu identischen Punkten führt; auch ist ferner klar, dass der sogenannte blinde Fleck, der Eintrittsstelle des Sehnervens entsprechend (S. 262), nicht störend einwirken kann, weil er, als rechts und links an der inneren Seite des Augenhintergrundes gelegen, keine identische Stellen bietet. — Man sucht den Grund des einfachen Ansprechens in einer eigenthümlichen Anordnung des N. opticus, die in dem Chiasma nervorum opticorum bemerkt wird. Es findet nämlich daselbst eine Kreuzung der beiderseitigen Nervenfasern statt, die jedoch keine vollständige ist; nur ein Theil der Fibrillen eines Nerven geht zu dem Auge des anderen Nerven, so dass nach Wollaston und Mayo die Fasern des rechten N. opticus sich zur rechten Seite des rechten und linken Auges, die des linken dagegen zu der linken Seite beider Augen begeben; die Leitungsfasern der identischen Stellen finden sich also nach Durchsetzung des Chiasma in dem nämlichen Nervenstamm zusammen und eignen sich somit vollkommen dazu, dem Gehirn einen einfachen Eindruck beizubringen.

Aber wenn man ausserhalb des Horopterkreises

(respective seiner Fläche) überall her Doppelbilder erhalten soll, wie kömmt es, dass wir gewöhnlich mit beiden Augen die im Sehfeld liegenden Gegenstände doch nur einfach sehen? Man sucht die Ursache davon in einer

Vernachlässigung der Doppelbilder,

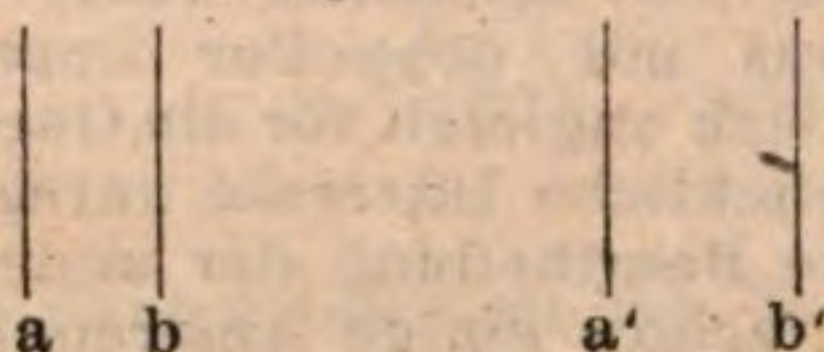
welcher verschiedene Bedingungen zu Grunde liegen. Einmal erscheinen die auf der Mitte der Retina (gelber Fleck und Fovea centralis) sich abbildenden Gegenstände unter allen Umständen einfach, weil die Endpunkte der Sehachsen identische Punkte sind und die Sehachsen verlängert stets sich in einem Punkt schneiden; da aber diese Stellen die des schärfsten Sehens sind und auf sie die Aufmerksamkeit fast ausschliesslich sich richtet, so überstrahlt der Eindruck des hier einfallenden Lichtes das ganze übrige Gesichtsfeld. Ebenso müssen die einfach erscheinenden (im Horopter liegenden Gegenstände) desshalb am intensivsten zum Bewusstsein kommen, weil sie denselben Theil des cerebralen Perceptionsorgans mit doppelter Energie erregen. Da nun die Augen sich zugleich für die Gegenstände, welche das augenblickliche Interesse anregen, accommodiren, so fällt eine Beurtheilung der anderen um so mehr aus, als es schon einige Anstrengung kostet, nicht identische Netzhautbilder gesondert dem Sensorium zuzuführen. In unserer Erfahrung herrscht nämlich die Zusammengehörigkeit der Doppelbilder vor, und es besteht desshalb ein gewisser physischer Zwang, die Doppeleindrücke zu verschmelzen, um so mehr, da die Doppelbilder meist sehr nahe bei einander liegen und bei breiteren Objecten sich grossentheils decken, so dass für Versuche über Doppelsehen nur feine helle Objecte, Linien z. B. passen.

Körperliches Sehen.

Wir haben S. 264 gesagt, die Würdigung der Entfernung, somit auch der Tiefe (Körperlichkeit) eines Gegenstandes, beruhe theilweise auf einer geistigen Operation, denn auch der Einäugige gewinnt einen Eindruck von der Ferne oder der Körperlichkeit eines Gegenstandes; das binoculare Sehen aber unterstützt dieses Vermögen in hohem Grade. Illustrativ hiefür ist ein Buch, welches wir mit einer leichten Spreizung der Blätter so vor uns aufstellen, dass wir mit beiden Augen den Rücken deutlich sehen, aber mit dem rechten Auge nur den rechten, mit dem linken nur den linken Deckel; wenden wir dann beide Augen an, so sehen wir den Rücken und beide Deckel. Es combinirt sich hier das Sehen vermittelt der identischen Netzhauptpunkte in dem Buchrücken, welcher sich im Horopter befindet, und das Sehen von ausser dem Horopter gelegenen Theilen (der Deckel) vermittelt einer Sonderaction jedes einzelnen Auges; wir bemerken übrigens dabei, dass die Deckel bei weitem nicht den bestimmten, klaren Eindruck machen, wie der von beiden Augen zugleich fixirte Buchrücken.

Wenn man zwei Bilder desselben Gegenstandes in Ansichten, wie jedes Auge gesondert ihn sieht, in einer Weise vor die Augen hält, dass die Bilder dieser Bilder dahin fallen, wohin die Bilder des körperlichen Gegenstandes gefallen wären, wenn ihn das Augenpaar fixirt hätte, so glaubt man den Gegenstand in voller Körperlichkeit vor sich zu haben. Diese Eigenschaft hat zu der interessanten Erfindung der Stereoscope geführt, deren Einrichtung wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf. Die Erscheinung des körperhaften Sehens im Stereoscop ist als ein Beweis gegen die Hypothese vom Horopter benützt worden, aber wie mir scheint aus irrthümlicher Deutung der Vorgänge, da das Stereoscop eher das Gegentheil beweisen dürfte. Wir haben gesagt, das körperliche Sehen sei eine Combination geistiger Acte, des binoculären Sehens vermittelt der identischen Netzhautstellen und einer isolirten Thätigkeit der einzelnen Augen. Betrachten wir nun die parallelen Linienpaare Fig. 63,

Fig. 63.



die einen ungleichen Abstand haben, unter dem Stereoscop, so wird man beim ersten Versuch alle vier Linien gesondert sehen, und es gehört einige Uebung und Anstrengung dazu, es dahin

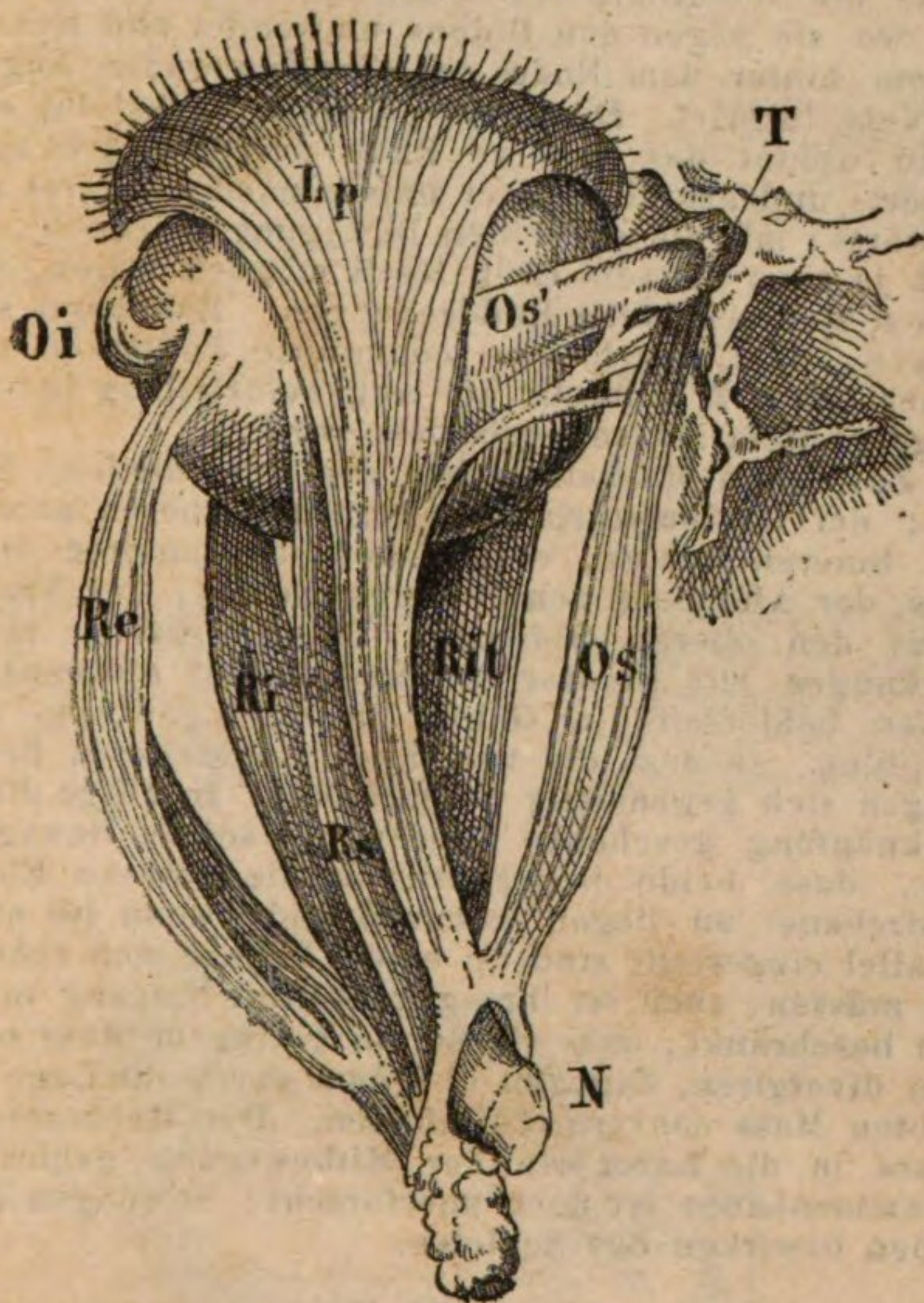
zu bringen, dass das doppelte Sehfeld des Stereoscops durch wechselförmige Deckung zu einem einfachen und aus den beiden Parallelenpaaren ein einziges wird. Dabei projeciren sich zwei Linien, ich will sagen $b\ b'$, als Folge der convergirenden Richtungsstrahlen in der Fläche des künstlich gebildeten Horopters als einzige Linie, welche sich von der Papierfläche in gewisser Entfernung abhebt; von den anderen Linien a und a' dagegen erscheint nur eine (etwa a) und zwar in der Papierebene, während die andere a' um der Aufmerksamkeit willen, die $b\ b'$ und a zugewendet wird, durch Vernachlässigung (cfr. S. 271) ausfällt. Die Deutung, dass die Linie a im einfachen Gesichtsfelde eine Combination von a und a' sei, wird als Grund der Unrichtigkeit der Horopterrhypothese beansprucht; aber man kann sich, wenn man statt der schwarzen Linien verschiedenfarbige benützt, überzeugen, dass die Linie a keine solche Combination, sondern eine Wirkung des isolirten Eindrucks auf die linke Retina ist und, wenn die Linie a' zur Anschauung kömmt, sie nicht mit der Linie a zusammenfällt. Es verhält sich sonach das Sehen im Stereoscop ganz so, wie das gewöhnliche binoculare Sehen, bei dem wir auch zu der Hypothese von der Bildvernachlässigung unsere Zuflucht nehmen und die Differenzen zwischen den zwei Netzhautbildchen, respective die Lücken zwischen den Bildern, wie sie je eine Retina treffen, und dem Horopterbild, durch eine geistige Operation ausfüllen müssen. *)

*) Man findet in dem Versuch wohl einen Moment, in welchem aus der Farbenverschwimmung hervor-

Hilfsapparate des Sehorgans.

Bei dem weiten Rahmen, welchen das Gesichtsfeld bietet, begreift sich wohl, dass zu einem scharfen, deutlichen Einfachsehen mit beiden Augen eine vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel nöthig ist, um mit Leichtigkeit die Sehachsen für jeden beliebigen Punkt einstellen zu können. Dies ist das gewöhnliche Verhalten, obschon man sich bei verschiedener Schärfe beider Augen daran gewöhnt, nur das bessere Auge, das andere dagegen gar nicht zu gebrauchen, wie dies bei Schielenden z. B. stets der Fall ist. Die betreffenden Bewegungen werden durch die sechs

Fig. 64.



geht, dass die Linien $a a'$ und $b b'$ in eine zusammenzuschmelzen scheinen; allein die combinirten Linien treten dann in einer gewissen Unbestimmtheit und Breite auf. Fixirt man eine dieser combinirten Linien, so wird die andere zum nur mit einem Auge gesehenen Bild, oder sie spaltet sich in zwei neben einander liegende.

Bulbusmuskeln

vermittelt, von denen Figur 64 eine Anschauung gibt. Die mit R bezeichneten sind die Recti, Rectus externus (Re), R internus (Rit), R superior (Rs) und R. inferior (Ri), die mit O bezeichneten die beiden Obliqui, O. inferior (Oi) und O. superior (Os). Die Thätigkeit der Recti ergibt sich aus ihren Anheftungspunkten. Von den Obliqui entspringt der untere mit kurzer Sehne im vordern Theil der Orbita am inneren Ende des unteren Augenhöhlenrandes, um im Boden der Augenhöhle nach hinten und aussen und unter dem Rectus externus hinweg nach dem hinteren Theil der äusseren Fläche des Augapfels zu gehen; der obere heftet seinen Kopf innen neben dem Foramen opticum an und schlingt seine dünne Schwanzsehne um die Knorpelrolle der Spina trochlearis (T), von wo sie gegen den Bulbus umwendet und sich an diesem hinter dem Ende des oberen geraden Augenmuskels inserirt. Der obere schiefe Muskel für sich allein richtet das vordere Ende der Sehachse nach abwärts und auswärts, der untere nach aufwärts und auswärts; mit diesen beiden Bewegungen jedoch, die auch je zwei benachbarten Recti möglich wären, verbinden sich schwache Raddrehungen. Man kann sich denken, dass durch eine combinirte Thätigkeit einzelner dieser 6 Muskeln die Augeneinstellung in sehr ausgedehntem Masse ermöglicht wird.

Zu diesen Muskeln gehen drei verschiedene Nerven; der Oculomotorius versorgt den oberen unteren und inneren Rectus, desgleichen den unteren Obliquus, der Abducens den äusseren Rectus, der Trochlearis den oberen Obliquus. Diese Nerven, deren Wirkungen mit grosser Geschwindigkeit abwechseln, stehen beiderseits im Gehirn in einer gewissen Verknüpfung, so dass die von ihnen eingeleiteten Bewegungen sich gegenseitig beschränken. In Folge dieser Verknüpfung geschehen immer nur solche Bewegungen, dass beide Sehachsen in die gleiche Ebene (Visirebene) zu liegen kommen und, wenn sie nicht parallel eingestellt sind, in einem Punkte sich schneiden müssen; auch ist ihre gegenseitige Neigung in sofern beschränkt, dass sie nur in geringem Masse nach vorn divergiren, dagegen in jedem durch die Lage erlaubten Masse convergiren können. Der Mechanismus dieses in die Kategorie der Mitbewegung gehörigen Zusammenhangs ist noch unerforscht; Störungen desselben bewirken das Schielen.

Die Augenlide

dienen zur Beschattung des Auges und zum Schutz gegen fremde Körper. Sie sind während des Schlafes geschlossen; die dabei bestehende ständige Contraction des Orbicularis palpebrarum, wird von den Physiologen meist nicht aus einer activen Thätigkeit dieses Muskels, sondern aus seiner Elasticität oder Tonicität (cfr. S. 175) abgeleitet. Im übrigen geschehen

die Lidbewegungen willkürlich oder reflektorisch, letzteres mit auffallender Schnelligkeit; den Schluss vermittelt der Orbicularis, der unter dem Einfluss des N. facialis steht, das Oeffnen der Lidspalte der Levator palpebrae superioris (Fig. 64 Lp), der seine Nervenfasern vom N. oculomotorius erhält; die abwechselnde Thätigkeit dieser Muskeln hat im wachen Zustand das Wimpern zur Folge, durch das die Oberfläche des Auges stetig durch Thränen befeuchtet und auf diese Weise durchsichtig erhalten wird. Den Anlass zum Wimpern gibt ein gewöhnlich nicht beachtetes Prickeln der Conjunctiva, das uns zuletzt gegen unsern Willen nöthigt, die Augen zu schliessen; das Bedürfniss dazu hört nach Durchschneidung des Trigeminasastes, welcher die Empfindlichkeit der Bindehaut vermittelt (cfr. S. 217) auf.

Die Augenwimper, welche die Lidenden säumen, schützen die Augen vor dem Einfluss eines zu lebhaften Lichts und halten den Staub ab.

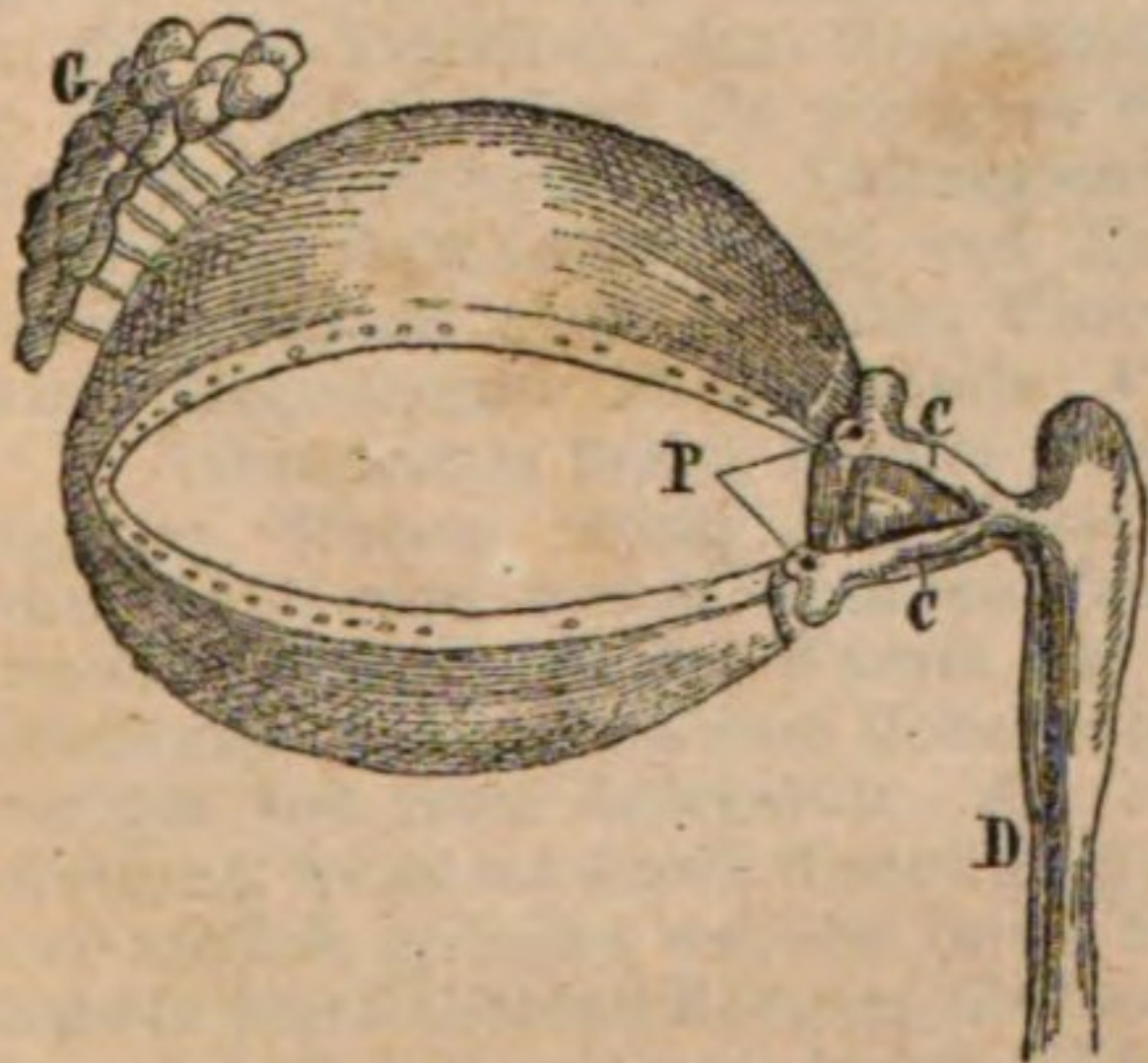
Die meibomischen Drüsen am Rand der Lide sondern eine ölige Flüssigkeit aus, welche das Abfließen der Thränen gegen die Wangen hindert, so dass diese unter dem Einfluss des Wimperns gegen den Thränenkanal hingeleitet werden.

Die Knorpelbogen in den Lidrändern sind die Stützorgane der Lide, unter deren Einfluss letztere sich an das Auge anlegen und vor dem Umstülpen bewahrt werden.

Die Thränendrüsen,

die oben an der inneren Orbitalwand angebracht sind, liefern ein Secret, das in 99 Theilen Wasser einen Theil Chlornatrium, Natrum und Kalkphosphate, Spuren einiger andern Salze und etwas organische Materie enthält. Die Thränenflüssigkeit ergiesst sich un-

Fig. 65.



ablässig über die Augenfläche und wird im inneren Augenwinkel von den Thränenpunkten, deren jedes Lid einen hat (Fig. 65 P) aufgesaugt, um von den

Thränenkanälchen CC nach dem Thränengang und schliesslich in den untern Nasengang abzufließen. Geschieht die Secretion der Thränen so reichlich, dass die Thränenpunkte sie nicht zu meistern vermögen, so fliessen sie trotz des Fetts, das die meibomischen Drüsen und die im Thränensee befindliche Caruncula lacrymalis liefern, über die Wangen ab. Der Einfluss lebhafter Affekte (des Schmerzes, der Heiterkeit) auf diese stärkere Absonderung ist bekannt.

Fünftes Kapitel.

Der Gehörsinn.

Dieser Sinn macht uns bekannt mit den Tönen, welche durch in einem gewissen Zustand von Vibration befindliche Körper hervorgebracht werden. Diese Vibrationen theilen sich in der Regel der Luft mit (im luftleeren Raum findet keine Leitung statt) und werden von der in dieser hervorgebrachten Wellenbewegung in die Ferne getragen, in welcher die Wellenkreise wie die eines ins Wasser geworfenen Steins mehr und mehr sich abschwächen, bis sie zuletzt ersterben. Die Leitung wird jedoch nicht allein durch die Luft besorgt, da auch tropfbare Flüssigkeiten und feste Körper, ja sogar in noch höherem Grade sich dafür eignen. Ein im Wasser untergetauchter Mensch vernimmt ein gleichfalls unter Wasser ausgeführtes Zusammenschlagen zweier Steine in ansehnlicher Entfernung und mit ziemlicher Intensität; auch ist es eine bekannte Thatsache, dass ein an der Erde liegendes Ohr Fusstritte oder den Hufschlag eines Pferdes auf viel grössere Abstände vernimmt, als wenn man in der Luft darauf lauscht.

Es ist für die Function des Gehörsinns physikalisch von Wichtigkeit, dass die erregten Schallvibrationen sich den verschiedenen Leitungsmedien nicht mit der gleichen Geschwindigkeit und Energie mittheilen, und es haben sich aus den Untersuchungen über diesen Gegenstand nachstehende Folgerungen ergeben. 1. Vibrationen fester Körper verlieren beim Uebergang ins Wasser wenig von ihrer Intensität, werden aber doch von einem anderen festen Körper leichter weiter geleitet. 2. Im Wasser hervorgerufene Schallvibrationen verlieren in dem Uebergang auf feste Körper einiges von ihrer Intensität, die sich jedoch wieder verstärkt, wenn sie durch diesen Körper abermals ins Wasser zurück geleitet werden (man hört in der Nachbarschaft eines solchen Körpers die Laute stärker). 3. Die tönenden Schwingungen fester Körper werden schwächer beim Uebergang in die Luft und die in der Luft erzeugten machen nur wenig Eindruck auf feste Körper. 4. Im Wasser erzeugte Tonschwingungen

werden nur schwach auf die Luft und umgekehrt die in der Luft erzeugten schwer aufs Wasser übertragen, obschon die Mittheilung durch eine zwischen beiden ausgespannte Membran erleichtert wird.

Leitungsorgane.

1. Das äussere Ohr

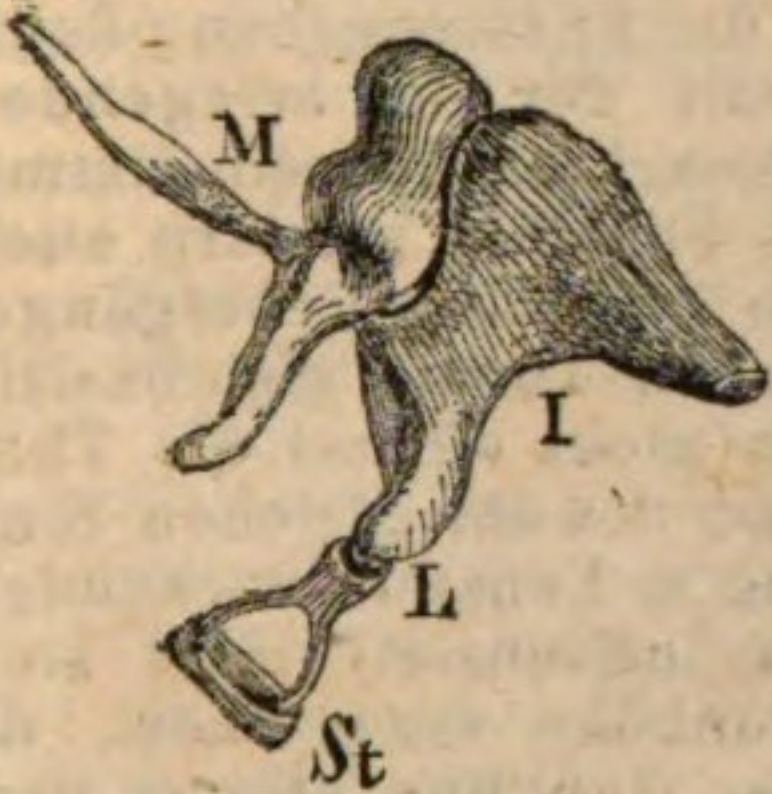
bildet einen eigenthümlich gewundenen knorpeligen Halbtrichter, von dem aus ein von der Haut überkleideter und vom Ohrschmalz angefeuchteter Kanal (der äussere Gehörgang) anfangs knorplig, später in knöcherner Umhüllung knieförmig gebogen ins Innere geht, wo er durch das schräg ausgespannte Trommelfell zum Verschluss gebracht wird. Der eigenthümliche Bau der Ohrmuschel, welche beim Menschen trotz der vorhandenen Muskulatur ziemlich unbeweglich ist, hat noch keine genügende physiologische Erklärung gefunden. So viel ist Thatsache, dass ihr Verlust das Hören und Unterscheiden der Töne nicht hindert, sondern blos die Perception der Schallintensität etwas beeinträchtigt; sie hat sonach die Bedeutung eines sammelnden Schalltrichters, der die Schallwellen der Luft in den äusseren Gehörgang leitet; in letzterem werden sie theilweise ungebrochen, theilweise von den Wandungen reflectirt, zum Theil aber auch durch das Mitschwingen der knorpeligen und knöchernen Theile zum Trommelfell weiter geleitet. Hiedurch geräth das Trommelfell selbst in vibrirende Bewegung und theilt seine Schwingungen weiter nach innen mit. Wird dem Eindringen der vibrirenden Luft ein festes Hinderniss entgegengesetzt (das Ohr verstopft), so hört man viel schlechter, z. B. das Schlagen einer Uhr, das man im Abstand von 42 Fuss vernahm, nur noch auf eine Entfernung von einem Zoll.

2. Das mittlere Ohr oder die Paukenhöhle.

Die Paukenhöhle ist ein im Knochen befindlicher, mit Luft erfüllter rundlicher Raum, der durch die Tuba Eustachii mit dem oberen Theil der Rachenhöhle und durch einige feine Oeffnungen mit den Zellen der Nachbarknochen in Verbindung steht. Man bemerkt in ihr noch einige Oeffnungen, die jedoch durch Membranen (Fenestra rotunda und Fenestra ovalis) oder andern Organtheile (eintretende Nerven, Gefässe und Muskelbündel) geschlossen sind, so dass die nach aussen durch das Trommelfell abgesperrte Paukenhöhle, unabhängig von allen übrigen Theilen des Gehörgangs, einen abgeschlossenen, nur durch die Eustachische Röhre mit der äusseren Luft communicirenden Raum darstellt. In ihr bemerkt man eine interessante Kette kleiner Knöchelchen, die Gehörknöchelchen (Fig. 66 vergrössert), welche von dem Foramen ovale aus, dessen Membran durch die Basis des Steigbügels (St) bis auf einen schmalen Ring bedeckt wird, sich durch die Höhlung erstrecken und

mit dem Stiel des Hammers (M) der Mitte des Trommelfells anhaften. Die Verbindung dieser beiden Endknöchelchen stellen den Ambos (I) und das Linsenbeinchen (L) her.

Fig. 66.



Die unter sich articulirende Knöchelchenkette bildet eine Art Winkelhebel, dessen Bewegungsachse durch den vermittelst Bandmasse zu einem einzigen Körper verbundenen Hammer und Ambos geht; diese Achse ist durch den langen, an der unteren Wand der Fissura Glaseri fixirten Fortsatz des Hammers und den kurzen, mit seinem zugespitzten Ende in einem seichten Grübchen neben dem Eingang in die Zellen des Warzenfortsatzes befestigten Schenkel des Amboses gegeben. Der Tensor tympani,

der ausserhalb der Paukenhöhle von der Tuba Eustachii und dem vorderen Winkel der Felsenpyramide entspringt, schickt seine feine platte Endsehne, wie der obere schiefe Augenmuskel um den Rollknorpel, um das Rostrum cochleare herum und heftet sie fast unter rechtem Winkel an dem Hals des Hammers an. Seine Contraction, die unter dem Einfluss des Trigemini und seiner motorischen Wurzel steht, bewirkt eine stärkere Einwärtsziehung und somit Spannung des Trommelfells. Da aber zugleich die Spitze des langen Ambosfortsatzes einwärts gebeugt wird, so muss die Fussplatte des mit ihm verbundenen Steigbügels ebenfalls gegen den Grund der Paukenhöhle vorrücken und die Membran des ovalen Fensters tiefer eindrücken, respective sie spannen, ein Vorgang, der durch directe Beobachtungen verificirt ist (Fick).

Nachdem wir dies vorausgeschickt haben, können wir näher auf die Schallleitung im mittleren Ohr eingehen. Gewöhnlich steht die Luft im mittlern und äussern Ohr unter gleicher Spannung des Atmosphärendrucks, und nur durch Verstopfung der eustachischen Röhre wird in der Paukenhöhle ein durch Temperaturveränderung wandelbares Spannungsverhältniss herbeigeführt, das auf das Hören selbst beeinträchtigend wirkt. Die Tuba Eustachii scheint beim Hören keinen anderen Zweck zu haben, als dieses Gleichgewicht der inneren und äusseren Luft zu erhalten, da die Annahme, sie sei speciell beim Hören der eigenen Stimme betheiligt, durch den einfachen Versuch widerlegt wird, dass man das Ticken einer in die Mundhöhle eingebrachten Uhr nur schlecht wahrnimmt. — Die durch den äussern Gehörgang eindringende vibrirende Luftsäule theilt sich dem Trommelfell und durch dieses der Luft in der Paukenhöhle mit; doch ist dieses Moment nicht hoch anzuschlagen, und die Leitung geschieht in keinem stärkeren Masse, als wenn das Trommelfell gar nicht vorhanden wäre. Weit wichtiger ist nach 1. (S. 557) die Leitung der Trommel-

fallschwingungen durch die Gehörknöchelchen, welche in ihrer Kette die Vibrationen auf die Membran des ovalen Fensters überpflanzen und vermittelst des Ein-drucks, welchen die Steigbügelfussplatte auf dieselbe macht, die Flüssigkeiten des inneren Labyrinths in Mitbewegung versetzen. Freilich sind weder die physicalischen acustischen Verhältnisse im allgemeinen, noch die physiologischen des Hörapparats im besondern genügend erforscht, um zu erklären, wie eine gespannte Membran, die sonst nur anzusprechen pflegt, wenn ihre Schwingungszahl mit der des erregenden Tons oder einem Multiplum desselben übereinstimmt, nicht nur die Intensität eines Schalls, sondern auch sein Timbre, seine Höhe, die schnellen Uebergänge, ja eine Anzahl von verschiedenen Tönen gleichzeitig weiter zu leiten vermag; denn nicht einmal die Thätigkeit des Tensor tympani und des im gleichen Sinn auf die Membran des eiförmigen Fensters wirkenden *M. stapedius* (vom *N. facialis* influenzirt) lässt sich als Accommodation für die Tonhöhe verwerthen, da man nicht annehmen kann, das Ganglion oticum percipire die Schallwellen und veranlasse die betreffende Einstellung, ehe sie das Trommelfell getroffen haben. Wir bemerken dabei nur, dass eine starke Spannung des Trommelfells den Schall schlechter leitet und daher ein Dämpfungsmittel wird für zu starke Töne, ferner dass es unter der gleichen Bedingung auf tiefe Töne schlecht anspricht, wie denn überhaupt die tiefsten Töne eher als brummendes Geräusch denn als wahrer Ton zum Bewusstsein kommen.

3. Das Labyrinth

bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfs, den Felsenbeinen, umschlossen wird und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von häutigen Gebilden ausgekleidet, welche geschlossene Säcke herstellen und mit dem sogenannten Labyrinthwasser ausgefüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man den Vorhof, eine länglichte Höhle, in welche alle übrigen Partieen des inneren Ohrs einmünden, die drei halbcirkelförmigen Kanäle, die durch fünf Oeffnungen mit dem hinteren Theil des Vorhofs communiciren, und die Schnecke, die vor dem ovalen Fenster von dem Vorhof abgeht und einen um die Spindel sich windenden Kanal bildet, in welchem eine gleichfalls gewundene, der Spindel anliegende halb knöcherne, halb häutige Scheidewand (Spiralblatt) eine Theilung in einen doppelten Raum, die in dem Apex ineinander übergehenden *Scalae*, bewirkt.

Wir haben die Schallleitung bis zur *Fenestra ovalis* verfolgt, und von hier aus wird sie durch die Perilymphe, die Flüssigkeit in den häutigen Säcken des Labyrinths und die häutigen und knöchernen Wandungen desselben zum Gehörnerven fortgepflanzt, der sich über das Spiralblatt der Schnecke, die beiden Vorhofsäckchen und die häutigen Bogengänge sammt deren Ampullen verbreitet. Welche Bedeutung die eigenthümliche Anordnung des Labyrinths hat, ist

noch völlig unbekannt. Nur von der Fenestra rotunda, die durch eine Membran den Vorhof von der Paukenhöhle scheidet, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass sie den Zweck hat, dem Labyrinthwasser, das durch stärkeren Druck des schwingenden Steigbügels auf die Membran des eiförmigen Fensters in Bewegung gesetzt wird, eine Ausweichung zu gestatten. Vielleicht dienen auch die Bogengänge dazu, die Aufnahme der Schallwellen von den Kopfknochen aus zu erleichtern.

4. Schallleitung durch die Kopfknochen.

Auch die Kopfknochen leiten den Schall, obschon sie für die Schallwellen der Luft nur wenig empfindlich sind. Um so leichter geschieht dies, wenn die Vibrationen ihnen durch Wasser oder durch feste Körper zugeführt werden. Man hört auch bei verstopftem Ohr, wenn man sich unter Wasser befindet, das im Wasser vollbrachte Zusammenschlagen zweier Steine sehr deutlich, und eine tönende Stimmgabel, auf den Kopf gesetzt, wird deutlicher gehört, als wenn die Schwingungen durch die Luft weiter getragen werden, ja sogar noch deutlicher bei verstopftem Ohr. Beim Sprechen und Singen fühlt die aufgelegte Hand die Schwingungen der Kopfknochen, und der Gehörnerv percipirt sie bei verstopften Ohren, obschon in einem veränderten Timbre. Gewöhnlich wird indess die Schallleitung durch die Kopfknochen nur benützt, wenn man durch Anlegen des Kopfs an den Boden ferne Erschütterungen desselben, den Hufschlag eines Pferdes, das Rollen eines Wagens unterscheiden will.

Das Hören.

Der Nervus acusticus, welcher die Bestimmung hat, die Töne dem Sensorium zu übermitteln, hat zwei Wurzeln, von denen die hintere sich in den Boden der Rautengrube, die vordere in das Corpus rectiforme verfolgen lässt. Sein Gewebe ist grauröthlich und enthält viele bipolare Zellen. Anfangs mit dem Antlitznerven verbunden, macht er sich bald wieder von demselben los, tritt durch die Siebplatte des Labyrinths ein und theilt sich nun in zwei Aeste, einen zur Schnecke, dessen Fäden vornämlich sich an dem Spiralblatt verzweigen, und einen zum Vorhof mit dreifacher Theilung, deren obere grössere Partie die Ampullen der häutigen halbzirkelförmigen Kanäle, die mittlere den Sacculus sphaericus und die untere die Ampulle des hinteren halbcirkelförmigen Kanals versorgt. Die Endigungen des Nervus cochleae auf dem Spiralblatt der Schnecke verhalten sich nach Corti, welcher die Lamina spiralis membranacea in die der Spindel zunächst gelegene Zona denticulata und in eine äussere, Zona pectinata, theilt, in folgender Weise. Auf der innersten Partie der Zona denticulata, welche noch grösstentheils dem Knochenstreifen aufliegt, findet sich eine Reihe hinter einander liegender Erhabenheiten, deren Spitzen Zähne erster Reihe heissen und frei in den Raum der Scala vestibuli hineinragen.

Eine zweite Region dieser Zone ist durch zwei Reihen stäbchenförmiger Gebilde ausgezeichnet, die in der Mitte mit ihren einander zugekehrten Enden verbunden sind (Cortisches Organ). Die Nerven treten zuerst durch kleine Oeffnungen des Knochenblatts und gelangen dann zur häutigen Lamelle, wo sie in feine marklose Fasern übergehen und gangliose Anschwellungen zeigen, aber mit den Zähnen in keine directe Verbindung zu treten scheinen. — Der N. vestibuli endigt an den häutigen Ampullen in einer halbkreisförmigen, äquatorialen Leiste eines verdickten, mehrschichtigen Bindegewebs, auf welchem pallisadenförmig feine steife, fast bis zur entgegengesetzten Wand der Ampulle reichende Borsten stehen. In den Zellen der Epithelialschicht verzweigen sich die Nervenfasern, nachdem sie an der Grenze des Bindegewebs ihre Scheide verloren haben, als nackte Achsencylinder aufs feinste. Auch in den Vorhofsäckchen dienen ähnliche, obschon niedrigere Bindegewebsleisten der Nervenverzweigung; aber statt der Borsten liegt hier in einer Rinne der Leiste der Otolith, ein hartes oder breiiges Conglomerat von prismatischen Stäbchen, und nur da wo der Otolith nicht genau anschliesst, bemerkt man bisweilen feine Borsten.

Man sieht also, dass überall zwischen der Endausbreitung des Gehörnerven Organe angebracht sind, welche sich gut dafür eignen, auf die Vibrationen der Endolymphe nach Art von Tastkörperchen anzusprechen und die gemachten Eindrücke auf den Nerven zu übertragen; allein man weiss nicht, in welcher Beziehung die verschiedene Form derselben zu den Modificationen des Schalls steht.

Erregung des Gehörorgans.

Sie geschieht vorzugsweise durch die Schallwellen; doch kann die Erregung des Gehörnerven auch von andern mechanischen Einflüssen, z. B. der Blutbewegung herrühren, da man bei auf einen festen Körper aufgelegtem Ohr in Folge der durch die festen Theile des Körpers, namentlich die Kopfknochen fortgepflanzten Vibrationen den Herzschlag fast so deutlich vernimmt, als halte man das Ohr auf die Brust. Aehnlich wirken andere innere Ursachen, ausgedehnte Gefässe bei Kopfcongestionen, Extravasate, Verstopfung der Tuba Eustachii, Abnormitäten der Circulation in Gehirn und Labyrinth bei Anämischen, vor dem Eintritt von Ohnmachten, bei narkotischen Vergiftungen, grosser körperlicher Abspannung. Ob die Electricität Gehörempfindungen veranlasst, ist noch nicht genugsam ermittelt.

Die Ursache jeder Tonempfindung, deren Leitung das Trommelfell vermittelt, wird von dem Sensorium nach aussen verlegt, während die durch Knochenleitung vermittelten im Kopf selbst entstanden zu sein scheinen.

Modificationen des Schalls.

Ein elastischer Körper, welcher von einem andern gestossen wird, geräth in wellenförmige Schwin-

gungen, welche von dem Gehörorgan als Schall aufgefasst werden. Jeder einfache Stoss erzeugt eine einfache Welle und somit nur eine einfache Schallempfindung; werden die Stösse und die dadurch erzeugten Wellen häufiger, so entsteht das Geräusch und endlich, wenn die Stösse so häufig werden, dass das Gehör sie nicht mehr in seinen Einzelheiten unterscheiden kann, der Ton, der sonach stets das Resultat einer bestimmten Anzahl von Wellenbewegungen eines durch Stösse in schwingende Bewegung versetzten Körpers ist.

Die Tonhöhe hängt von der Zahl der Schwingungen ab, die der Körper in einer bestimmten Zeit macht. Unser Gehörorgan hat seine Grenzen, ausserhalb deren Bereich es den Ton nicht mehr vernimmt. Der tiefste wahrnehmbare Ton beträgt nach Savart (cfr. S. 187) 32, der höchste 40,000 einfache Schwingungen in der Secunde. Die Tonhöhe bezieht sich also auf die Zeit, welche verläuft, bis eine Schwingungsperiode vollendet ist. Die Befähigung, verschiedene Töne von einander zu unterscheiden, ist bei verschiedenen Individuen verschieden, und in der Ausbildung dieses Vermögens beruht das musicalische Gehör, das durch Uebung einer grossen Vervollkommnung fähig ist. Ganze und halbe Töne werden von den meisten Menschen unterschieden; doch gibt es Personen, die noch zu distinguiren wissen, wenn der eine Ton 1200 und der andere 1201 Schwingungen in der Secunde vollführt, die Schwingungsperioden also nur eine Differenz von $\frac{1}{1200}$ Secunde haben. Von solchen Personen sagt man, dass sie ein feines Gehör besitzen. — Durch die Grenzlinie des tiefsten Tons lässt sich annähernd auch die Dauer des Gehöreindrucks bemessen, der nicht unmittelbar mit der Ursache, die ihn hervorgerufen, erlischt. Wenn nämlich in den Versuchen mit dem Savartschen Zahnrad, das den Ton durch eine Reihenfolge von Erschütterungen, nicht Schwingungen, bildet, die Zahl der Erschütterungen noch nicht 32 beträgt, so lassen sie sich unterscheiden; man kann daher die Dauer des Eindrucks auf $\frac{1}{32}$ schätzen, weil bei der gedachten Zahl der Erschütterungen ihre Summe in einen einzigen gedehnten Ton zusammenschmilzt, nach Art der glimmenden Kohle, welche bei rascher Bewegung keine Punkte, sondern einen Streifen zur Wahrnehmung bringt.

Die Tonstärke wird nicht durch die Zahl der Schwingungen, sondern durch ihre Energie (Grösse der Schwingungsexcursionen) bedingt, die bei der Weiterleitung in ein umgekehrtes Verhältniss zu den Entfernungen tritt. Wir haben oben bemerkt, dass die Quantität des Tons in der Spannung des Trommelfells einen Regulator finde. Ein Gehör, das auch Schwingungen von geringer Energie oder aus weiter Entfernung noch auffasst, nennt man scharf.

Der Klang (Timbre) eines Tones ist gleichfalls ein Moment, das von dem Gehörorgan unterschieden wird (cfr. S. 188).

Ausserdem vermag das Ohr auch ein Gemisch von Tönen verschiedenen Klangs und verschiedener Höhe zu percipiren, ja mit gehöriger Aufmerksamkeit

einem Orchester heraus der Einzelnleistung eines bestimmten Instruments zu folgen.

Welche Einzeltheile des Organs allen diesen Modificationen entsprechen, ist zur Zeit noch ein Räthsel.

Psychische Actionen.

Das Sensorium verlegt in der Regel die Eindrücke des Gehörs nach aussen. Die Würdigung der Richtung und Entfernung des Schalls beruht nicht auf eigenthümlichen Perceptionen des Gehörnerven, sondern auf dem Urtheil, das hier um so mehr der Täuschung unterworfen ist, als meist kein anderer Sinn als Corrector benützt werden kann und der Schall dem Ohr häufig wegen den Bewegungen der Luft aus einer andern Richtung zugeführt wird, als die ist, in welcher der tönende Körper sich befindet, während der Abstand des letzteren nur aus der wandelbaren Intensität der Schwingungen sich erschliessen lässt. Eine Ausnahme in letzterer Beziehung findet statt, wenn auch das Gesicht zu Hilfe genommen werden kann. Man weiss, dass ein Schall in der Secunde durch die Luft 1024 Pariser Fusse zurücklegt. Wenn man nun den Pulverblitz einer Schusswaffe sieht und den Zeitabstand dieses Moments mit dem der Knall-perception vergleicht, so lässt sich die Entfernung des tönenden Körpers durch Rechnung finden. Das einfache Hören mit zwei Ohren beruht wahrscheinlich gleichfalls auf einem Urtheil, hervorgegangen aus der vollkommenen Identität der Eindrücke auf beide Ohren. Sonst hört jedes Ohr für sich und kann über die Schallrichtung Auskunft geben.

Subjective Sensationen.

Wie beim Auge gibt es auch hier gewisse auf den Eigenthümlichkeiten der Nerven-erregung beruhende subjective Empfindungen. Hieher gehört das Nachklingen gewisser Geräusche, die so lang auf das Gehör eingewirkt haben, dass man sich derselben gar nicht mehr entschlagen kann, bis der erregte Nerv im Schlaf zur Ruhe gekommen ist (Analogie mit den Nachbildern). Geräusche im Kopf und den Ohren (Tönen, Klingen, Klopfen, Sausen, selbst Wahrnehmung von Melodien und Stimmen) bemerkt man in Krankheiten des Ohrs der Nerven und des Gehirns, und man kann die ganze Scala experimentativ durchmachen, wenn man sich selbst der Chloroformnarkose aussetzt.

Sechstes Kapitel.

Die chemischen Sinne

Wir verstehen darunter die zwei Sinne, durch welche man gewisse chemische Eigenschaften der Körper ermittelt; den Geruch und den Geschmack. Beide stimmen darin überein, dass die Objecte, die zu ihrer Perception gelangen sollen, in elastischen oder tropfbaren Flüssigkeiten gelöst sein, respective aus solchen bestehen und mit den feuchten Schleimhäuten, in welchen sich die betreffenden Nerven verbreiten, in Contact kommen müssen. Trockenheit der Schleimhaut hindert das Uebertragen der Geruchs- und Geschmacks-eindrücke.

1. Der Geruch.

Der Sitz dieses Sinnes ist jener Theil der Schneiderschen Membran, welche den oberen Theil der Nasenhöhle auskleidet und sich von der übrigen Nasenschleimhaut durch hellere Färbung und den Mangel des Flimmerepithels unterscheidet. In diesem Theil, der die beiden oberen Muscheln und die obere Nasenschleimhaut überzieht, verbreiten sich die von dem Riechkolben ausgehenden und durch die Siebplatte eindringenden Fäden des N. olfactorius, durch dessen Durchschneidung der Geruchssinn unausbleiblich verloren geht. Dieser Nerv unterscheidet sich von anderen Nerven dadurch, dass zahlreiche äusserst feine Primitivröhrchen in einer gemeinsamen Bindegewebshülle zu einem Bündelchen, und diese Bündelchen erst zu Stämmen vereinigt sind. Zwischen dem Cylinder-epithel der Riechhaut befinden sich bipolare spindelförmige Nervenzellen, deren superficieller Fortsatz in einem Büschel äusserst zarter, über die Oberfläche hinausragender Härchen ausläuft, während der in die Tiefe gehende mit den Primitivröhrchen des N. olfactorius in Verbindung tritt.

Die Geruchsobjecte müssen in der Luft gelöst sein und im Luftstrom der Riechhaut zugeführt werden. Im Wasser riecht man nicht, ebenso wenig wenn die Nase mit viel Feuchtigkeit angefüllt ist. Der In-

spirationsstrom ist dem Riechen nicht sehr günstig, da er hauptsächlich durch den unteren Nasengang geht; will man daher einen starken Geruchseindruck gewinnen, so pflegt man die Luft in die obere Nasenpartie hinaufzuziehen (Schnüffeln). Indess können Geruchseindrücke auch von der Mundhöhle aus dem entsprechenden Sinnnerven zugeleitet werden. Die sogenannte Weinblume z. B. wird nicht geschmeckt, sondern gerochen; hält man beim Schlingen die Nase zu und hindert man dadurch den mit Geruchtheilchen geschwängerten Luftstrom, durch die Nasengänge auszutreten, so erhält man nur den Geschmackseindruck.

Die Sinuse des Oberkiefer- und des Stirnbeins scheinen die Bedeutung zu haben, der mit Riechstoffen erfüllten Luft als Magazin zu dienen und damit die Dauer des Eindrucks zu verlängern; da ihre Schleimhaut keine Fäden von N. olfactorius erhält, so kann ihre Mitwirkung keine active, sondern nur eine unterstützende sein.

Das Riechvermögen ist bei den Menschen sehr verschieden, indem es Personen gibt, die gar nicht riechen, und andere, die in Geruchsfenheit mit dem Hunde wetteifern. Casper berichtet in seiner Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin von einem Menschen, der an einem erbrochenen Schrank den Dieb herausroch und nach dem Geruch aus einer Anzahl von Kopfbedeckungen je den rechten Eigenthümer namhaft zu machen wusste; der Schrank rieche wie der Dieb, die Mütze wie der Eigenthümer, sagte der interessante Mann zur Erklärung, die freilich nicht ausreicht, uns die räthselhafte Erscheinung der Gerüche und der Geruchspception zu erklären.

Der Geruchssinn wird bald abgestumpft, und eine Luft, die uns anfangs zurückstösst, hört bei längerem Aufenthalt in derselben auf, widerlich einzuwirken. Dasselbe geschieht bei öfters wiederholter Einwirkung in Folge der Gewöhnung, und häufiger Aufenthalt in den Effluvien eines Sectionszimmers hat wenigstens den Vortheil, andere Gerüche weniger unangenehm zu machen. Gerüche können sich auch auf andere Körper übertragen und lange an denselben haften; so namentlich an dunklen Kleidern, die deshalb nicht gut für Aerzte passen, welche mit Krankheiten von miasmatisch ansteckender Natur zu thun haben.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des Geruchsorgans ist auch, dass es bei verschiedenen Personen qualitativ anders angeregt wird. Gerüche, die dem einen angenehm erscheinen, sind dem anderen zuwider. Ob die Einwirkung mechanischer und elektrischer Reize auf den N. olfactorius Geruchsempfindungen veranlasst, ist zwar nach Analogie der anderen Sinnnerven wahrscheinlich, aber nicht erwiesen.

Das Geruchsorgan erhält ausser dem N. olfactorius noch drei andere Nerven. Ein Nasenzweig vom Augenast des N. trigeminus versorgt die Nasenschleimhaut und scheint die Schleimabsonderung dieses Organs zu vermitteln, denn seine Durchschneidung bewirkt Trockenheit der Schleimhaut und Geruchsverlust; Magendie hielt ihn deshalb für einen speciellen Geruchsnerven, aber Einbringung von Schleim

oder Glycerin stellt den Geruch wieder her. Dieser Nerv wirkt noch weiter excitatorisch, indem er durch Niesen den Ausstoss von eingebrachten chemisch-reizenden Stoffen, Ammonium, Schnupftabak u. s. w. veranlasst. — Der *N. nasopalatinus Scarpae*, ein Zweig, der vom Mekelschen Ganglion ausgeht, verleiht der Nase die gewöhnliche Empfindlichkeit. Ferner versorgt der *N. facialis* die beim Menschen nur wenig entwickelten Nasenmuskel mit Zweigen.

Man kennt beim Geruchssinn auch subjective Sensation, obschon sie weniger ermittelt und weniger häufig sind als beim Gesicht- und beim Gehörsinn; so der Geruch von Erdbeeren, Mist, Häringslacke u. s. w. in Krankheiten. Die Geruchshallucinationen der Irren beziehen sich gemeiniglich auf üble Gerüche; sie wähnen, man verderbe ihnen die Speisen mit unfläthigen Beimischungen u. s. w.

2. Der Geschmack.

Das vorzüglichste Organ für die Eindrücke des Geschmacks ist die mit verschiedenen Nervenwärtchen besetzte Zunge, welche einerseits durch ihren muskulösen Bau auch als Bewegungsorgan beim Kauen, Schlucken und Sprechen dient, andererseits aber in den willkürlichen Muskeln der Wangen und Lippen, sowie in den Speicheldrüsen kräftige Hilfsorgane für ihre Verrichtungen hat. Die Betheiligung der Zungenwurzel beim Schmecken ist unzweifelhaft; dagegen besteht unter den Physiologen noch ein Streit darüber, ob und in wie weit dasselbe auch von anderen Partien, der Spitze, dem Rücken, den Rändern, der unteren Zungenfläche und dem Gaumen, den Gaumenbögen und der Uvula angenommen werden darf; darum auch die Unsicherheit über die Bedeutung gewisser Nerven als specifische Sinnnerven, weil das Experiment nicht so einfach ist, als man wohl glauben sollte. Man muss sich nämlich für die Probe gelöster schmeckender Stoffe bedienen, und es ist schwer, das Abfließen derselben gegen Nachbarpunkte, die man nicht ins Experiment aufnehmen will, zu hindern. Auch darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass viele alkalische Säuren, adstringirende und scharfe Substanzen Empfindungen hervorrufen, die nicht dem Geschmack angehören und auf andere empfindliche Schleimhäute ähnliche Eindrücke machen, wie man bei dem Versuch sich zu hüten hat, die des Geruchs mit denen des Geschmacks zu verwechseln.

Die Hauptbedingung für das Schmecken ist die Löslichkeit des Gegenstands, ohne welche derselbe nur dem in der Zungenschleimbaut und namentlich deren Spitze sehr entwickelten Tastsinn entspricht. Ist der Gegenstand nicht schon vornweg gelöst, so geschieht die Lösung durch den Mundspeichel, mit dessen Beimischung schon der chemische Akt der Verdauung beginnt; die Zunge drückt ihn sodann gegen den Gaumen an und tastet in verschiedenen Theilen der Mundhöhle herum; hiedurch werden die Geschmackspapillen comprimirt und ihre Thätigkeit durch die Reibung gesteigert.

Das Wesen der verschiedenen Geschmacksarten kann nicht erklärt, sondern nur empfunden werden; auch ist die Empfänglichkeit der sensitiven Nerven viel beschränkter, als die des Geruchs, da Lösungen in mässiger Verdünnung (1 % Zucker, $\frac{1}{2}$ % Kochsalz) schon nicht mehr empfunden werden. Desgleichen verhält sich die Ansprache auf solche Eindrücke bei verschiedenen Personen sehr verschieden, indem es Feinschmecker und solche gibt, die sich sehr gleichgiltig gegen das verhalten, was sie geniessen.

Die Zunge wird von drei Nerven versorgt, von denen der eine, der N. hypoglossus blos bis zum Zungenfleisch geht und den Bewegungen der Zunge dient. Der Zungenast des Trigeminus (N. lingualis) durchzieht bloss die Muskelsubstanz, um sich in der Schleimhaut von der Spitze bis an das hintere Drittel zu verbreiten. Eine andere Partie desselben Nerven, vom Ganglion Meckelii ausgehend, versorgt die Schleimhaut des harten und weichen Gaumens. Der N. glossopharyngeus, ein gemischter Nerv, unter dessen Einfluss auch gewisse Muskel stehen, gibt hauptsächlich Zweige ab an die Schleimhaut des Rachens und die der Zungenwurzel (die Papillae vallatae). Sonach können als specifische Sinnnerven nur der Trigeminus und der Glossopharyngeus in Frage kommen; doch besteht eine Controverse darüber, indem die einen Physiologen annehmen, dass bloss der letztere Nerv Geschmacksnerv sei, der Trigeminus dagegen die anderartigen sensitiven Eindrücke (die mechanischen des Tastsinns, die chemischen, den Eindruck der Wärme u. s. w.) vermittelte. Andere schreiben dem Lingualast des dreigetheilten Nerv Geschmacksleitung zu und weisen ihm dafür den vorderen Zungenbezirk an. Zu Gunsten der letztern Annahme sprechen verschiedene Thatsachen: zunächst die Verbreitungsregionen der beiden Nerven. Wird ferner der Lingualast des Trigeminus durchschnitten, so nehmen Thiere bittere Substanzen wohl in die Mundhöhle, zeigen aber Symptome des Ekels, sobald sie in den Hintermund gelangen. Nach Durchschneidung des Glossopharyngeus soll der Geschmack in dem hintern Theile der Zunge unzweifelhaft vernichtet sein. Saure und süsse Flüssigkeiten unterscheidet man besonders an der Zungenspitze mit ihren walzenförmigen Wärzchen, während das Laugenhafte, Bittere und Herbe an der Zungenwurzel mit seinen beiden kegelförmigen Wärzchen empfunden wird. Hier stellt sich auch der Nachgeschmack ein (Uebergang des Bittern ins Süssliche u. s. w.), der wie der Geschmack selbst durch wiederholtes Andrücken, Reiben und Bewegen der schmeckbaren Gegenstände zwischen Gaumen und Zunge verstärkt wird.

Die Geschmacksobjekte brauchen, um den sensitiven Eindruck hervorzubringen, eine kleine Zeit, die nach den Stoffen verschieden ist; am schnellsten werden salzige, weniger schnell süsse, saure und endlich bittere Flüssigkeiten percipirt. Eine dünne oder dick belegte Zunge schmeckt fast gar nicht; auch Kälte und Hitze heben vorübergehend das Vermögen zu schmecken auf.

Electricität bewirkt Geschmacksensationen, und zwar empfindet man am positiven Pol (Zink) einen sauren, am negativen (Kupfer) einen laugenhaften Eindruck, obschon hier wahrscheinlich eine Zersetzung der salzigen Mundflüssigkeiten vor sich geht.

Subjective Geschmacksensationen kommen bisweilen vor, z. B. Blut-, Metallgeschmack, süßlicher Geschmack; sie müssen übrigens wohl gesondert werden von den perversen Geschmackseindrücken, die aus alienirten Zungenbelegen hervorgehen (der bittere oder saure Mundgeschmack in Magencatarrhen, der von aufschwulstendem Magensaft oder Galle herührt). Man hat geglaubt, die Ursache solcher subjectiven Geschmacksempfindungen rühren von Veränderungen in den Blutflüssigkeiten her, die im Innern des Geschmacksorgans zur Perception kommen; doch der Diabetiker hat nicht den süßen Geschmack und weiss den Zucker recht gut zu unterscheiden, während ein Blutgeschmack ordnungsmässig nur empfunden wird, wenn Blut in die Mundhöhle kommt.

Die Reizung der Geschmacksnerven bewirkt reflectorisch die Secretion der Speicheldrüsen. Hiezu kann schon der Anblick einer als wohlschmeckend bekannten Speise ausreichen. Ueberhaupt ist der Gesichtssinn nicht ohne Einfluss auf den des Geschmacks. Staubig aussehendes Bier pflegt nicht zu schmecken, wenn es noch so gut ist, und im Dunkeln gewähren die Speisen nur den halben Genuss (Mitwirkung der Einbildungskraft).

Siebentes Kapitel.

Das Fühlen.

Wir haben bereits S. 205 u. f. von der Eigenschaft der meisten Cerebrospinalnerven, äussere oder innere Eindrücke dem Gehirn zuzuleiten und zum Bewusstsein zu bringen, gesprochen. Sofern diese Leitung nicht speciell in den Bereich der bisher behandelten Sinnnerven fällt, müssen wir alle zuleitenden Nerven der Hirnrückenmarksachse als die Träger des Gesichtssinns betrachten. Ihr gemeinsamer Charakter liegt namentlich darin, dass ein gewisser Grad der Erregung die Seele zu einem gewissen leidenschaftlichen Zustand der Lust, jede über eine gewisse Grenze der Stärke hinausgehende Erregung aber sie zu einem gewissen anderen leidenschaftlichen Zustand, dem des Schmerzes zu bestimmen strebt, während die Zwischenglieder bloss Gefühlswahrnehmungen ohne Leidenschaft zu Stande bringen. Die Gefühlsnerven gehen fast in jeden Körpertheil ein, jedoch in sehr ungleichem Mass, am spärlichsten wahrscheinlich in die Eingeweide, ebenfalls nur wenig in die Muskeln, Knochen, Sehnen, sehr zahlreich dagegen in die Haut und die ihnen benachbarten Schleimhäute (der Mundhöhle, Nasenhöhle, Orbita u. s. w.). Je nach der Oertlichkeit und nach dem quantitativen Verhältniss der Verbreitung sensativer Nerven, desgleichen nach der Beschaffenheit des Reizes äussert sich das Fühlen in verschiedener Weise, ohne dass man daraus Anlass nimmt, auf das Vorhandensein specifisch verschiedener Nervenfibrillen zu schliessen. Auch bemerkt man, dass auf sehr intensive Reize auch die zuleitenden Fibrillen des vegetativen Systems, welche die im normalen Zustand nicht zum Bewusstsein kommenden Processe der Ernährung vermitteln, zu Leitern von Eindrücken werden können, die in der Form sehr heftigen Schmerzes empfunden werden.

Der Gefühlsinn ist an sich ein passiver Sinn; wenn er sich aber mit eigenen Hilfsorganen umgibt und nicht mehr bloss die Eindrücke empfängt, sondern sie selbst aufsucht oder ihnen ausweicht, so gewinnt er eine Bedeutung, welche wir als

Tastsinn

bezeichnen und von dem einfachen Fühlen um der dabei erforderlichen Aufmerksamkeit willen eben so unterscheiden müssen, wie das Betrachten von dem Sehen. Der Tastsinn kann natürlich in voller Ausbildung seinen Sitz nur da haben, wo auch die Bewegung am freiesten und die Einwirkung auf die Umgebung am vollkommensten ist, also an den Endgliedern der Extremitäten, an den Lippen und an der Zunge. Vor allem günstig für den Zweck des Tastsinns ist der Bau der menschlichen Hand, welche durch die mehrfältige Gliederung der Finger, die Länge der Phalangen und die Fähigkeit des Daumens, sich den übrigen Fingern entgegenzusetzen und mit ihnen eine Zange zu bilden, sich vorzugsweise dafür eignet, Gegenstände nach allen Richtungen zu umspannen und ihre Grössen- und Tiefenverhältnisse zu prüfen, während die starren Stützpunkte (Knochen und Nägel) dazu dienen, dem eigentlichen tastenden Organ, der Haut, eine Unterlage abzugeben, damit es vermöge des empfundenen Drucks die Beschaffenheit der Oberfläche und die grössere oder geringere Festigkeit der Körper zur Wahrnehmung bringe. In welchem hohem Grade das Tastvermögen durch Uebung geschärft werden kann, ersieht man an den Blinden, welchen dieser Sinn das Gesicht ersetzen muss; sie unterscheiden Schrift und Gepräge der Münzen und sind sogar nicht selten im Stand, die Farbenabweichungen an den Verschiedenheiten des Korns, die dem Sehenden entgehen, zu erkennen. Die bengalischen Spinnerinnen unterscheiden die mannigfachen Coconsfäden mit einer unglaublichen grenzenden Feinheit, und Personen, die ohne Arme geboren wurden, bilden bisweilen das Gefühl der Zehen so aus, dass sie dieselben wie Finger gebrauchen können.

Die wahren Tastorgane sind die Papillen der Haut und gewisser Schleimhautpartieen, und zwar können sie ihre sensitive Thätigkeit mit um so grösserer Schärfe entfalten, je dünner die empfindungslose Epidermis ist. Doch sind nicht alle Papillen sensitiv, sondern nur diejenigen, in welche sensitive Nervenenden eingehen; denn es sind auch solche vorhanden, welche nur eine Haargefässschlinge enthalten, während wieder andere kein Gefäss, sondern nur ein Nervenende umschliessen. Die Papillen enthalten häufig ein sogenanntes Tastkörperchen, ein tannenzapfenähnliches Bindegewebegebilde von grösserer Festigkeit als die übrige Papille, das von den Nervenenden umzogen, nach Gerlach auch durchzogen wird. (Fig. 67 zeigt Papillen mit Capillarschlingen und zwei Tastkörperchen, das eine ohne, das andere neben einer Gefässschlinge.) Diese Tastkörperchen kommen in den Papillen der Hand und der Fusssohle, nach Kölliker auch in dem rothen Rand der Lippen und in der Zungenspitze vor. Sie sollen im Moment des Fühlens den Nervenfädchen als Stütze dienen, damit sie unter dem Tasteindruck nicht zurückweichen, hätten also Analogie mit der Rolle, welche den Nägeln zukömmt.

Ihre Anzahl ist verschieden; auf eine Quadratlinie Haut kommen an der Volarseite der vordersten Zeigefingerphalange 108, der zweiten Phalange 40, der ersten 15; an der Volarfläche des Metacarpus zum kleinen Finger 8, des Mittelfusses 8 und der Spitze der grossen Zehe 14.

Fig. 67.



Unterstützt wird das Tasten noch durch die aus den empfindlichen Flächen hervorragenden Haare, welche gewissermassen sondenartig in die Ferne fühlen, während andererseits die Epidermis den Eindruck abschwächt, damit die Papillen die Berührung nicht als Schmerz empfinden, wie dies stets bei Stellen, die durch Blasenpflaster der Oberhaut beraubt wurden, der Fall ist.

Die Schärfe des Tastsinns ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch nach den verschiedenen Hautstellen grossen Ungleichheiten unterworfen. In letzterer Beziehung ist die reichere oder spärliche Verbreitung der Nervenenden, respective die Zahl der sensitiven Papillen massgebend. Man hat, um für diese Schärfe empirisch einen numerischen Ausdruck zu finden, verschiedene Methoden angewendet. Die am häufigsten zur Verwendung gekommene besteht in dem Weberschen Experiment mit den abgestumpften Spitzen eines Stangenzirkels, vermittelt dessen man den kleinsten Abstand, welchen zwei gleichzeitig oder rasch nach einander die Haut berührende Körper haben dürfen, um noch gesondert wahrgenommen zu werden, aufzufinden versucht. Bringt man nämlich mit geschlossenen Augen die Spitzen eines auf 2 Linien geöffneten Zirkels zuerst an die Fingerspitzen oder an den rothen Lippenrand, dann aber an den Handrücken oder den rothen Lippenrand, so wird man an ersteren deutlich zwei Eindrücke, an letzteren aber nur einen einzigen verspüren; ja man bemerkt, wenn man den mit solcher Weite gespreizten Zirkel von der Wange gegen die Lippen hinführt, dass der einfache Eindruck allmählig sich zu theilen und immer weiter auseinander zu gehen scheint, während die Wange selbst zur Perception des Doppeleindrucks eine Spreizung von 5, der Handrücken eine solche von 14 Linien fordert. Die für doppelte Wahrnehmung nöthigen Abstände bemessen sich experimentativ, unter Berücksichtigung individueller Verschiedenheiten, durchschnittlich wie folgt. — $\frac{1}{2}$ '' Zungenspitze; 1'' Volarseite des letzten Fingerglieds; 2'' rother Lippentheil, Volarseite des zweiten Fingerglieds; 3'' Dorsalseite des dritten Fingerglieds, Nasenspitze, Volarseite des Metacarpusköpfchens; 4'' seitlicher

Zungenrand und Mittellinie des Zungenrückens, einen Zoll von der Spitze entfernt; 4''' nicht rother Lippen-
 theil, Metacarpus des Daumens; 5''' Plantarseite des
 letzten Grosszehenglieds, Rücken des zweiten Finger-
 glieds, Wangen, äussere Oberfläche des Augenlids;
 6''' Mitte des harten Gaumens; 7''' vorderer Theil des
 Jochbeins, Plantarseite des Metacarpus zur grossen
 Zehe, Rücken des ersten Fingerglieds; 8''' Rücken des
 Mittelhandköpfchens; 9''' innere Lippenhaut in der
 Nähe des Zahnfleisches; 10''' hinterer Theil des Joch-
 beins, unterer Theil der Stirne, hinterer Theil der
 Ferse; 12''' behaarter unterer Theil des Hinterhaupts;
 14''' Handrücken; 15''' Hals unter der Kinnlade,
 Scheitel; 16''' Kniescheibe und Umgebung; 18''' Kreuz-
 bein, Gesäss, Unterarm, Unterschenkel, Fussrücken in
 der Nähe der Zehen; 20''' Brustbein; 24'' Rückgrat
 (Nacken unter dem Hinterhaupt, fünf obere Brust-
 wirbel, Lenden- und untere Brustgegend); 30''' Rück-
 grat (in der Mitte des Halses und in der Mitte des
 Rückens), Mitte des Oberarms und Oberschenkels. —
 An den Extremitäten werden die beiden Zirkelspitzen
 früher und deutlicher als gesondert empfunden, wenn
 sie nicht längs, sondern quer aufgesetzt werden; auch
 ergibt der Versuch ein sehr verschiedenes Resultat,
 wenn man die Spitzen nicht gleichzeitig, sondern nach
 einander applicirt. — Weitere Versuche sind mit dem
 Berühren der Haut durch Körper von bestimmter Ge-
 stalt, durch Zeichnen von Figuren (Ziffern, Buchstaben
 u. s. w.) auf die Haut, durch Drucke von wechselnder,
 in Lasten ausdrückbarer Dignität gemacht worden. Die
 Experimente mit dem Zirkel erklären sich durch fol-
 gende Hypothese. Jede Erregung eines sensiblen End-
 organs wird an eine bestimmte Stelle des Tastfeldes
 (Körperoberfläche) verlegt; diese Stelle ist aber nicht
 der erregte Punkt, sondern eine kreisförmige oder (an
 den Extremitäten) länglichte Fläche, der Empfin-
 dungskreis, in dessen Centrum sich der erregte
 Punkt befindet. Zwei sich berührende oder theilweise
 deckende Empfindungskreise können aber in der Vor-
 stellung nicht räumlich gesondert werden; die Son-
 derung geschieht erst, wenn zwischen beiden ein uner-
 regtes sensibles Element vorhanden ist, und die schein-
 bare Entfernung der beiden Erregungen spricht um so
 grösser an, je mehr unerregte Elemente zwischen bei-
 den Empfindungskreisen übrig bleiben. Hieraus ergibt
 sich, dass zwei benachbarte Eindrücke auf der Haut
 erst dann gesondert wahrgenommen werden können,
 wenn ihr Abstand grösser ist, als zwei halbe, respec-
 tive der ganze Durchmesser eines Empfindungskreises,
 während bei Erregung der dazwischen liegenden em-
 pfindenden Elemente der Doppeleindruck verschmilzt.
 Allerdings erhebt sich nun die Frage, woher die ver-
 schiedene Grösse der Empfindungskreise rühre. Diese
 sind indess nicht als anatomische Einheiten, etwa als
 der Verbreitungsbezirk einer Nervenfasern aufzufassen,
 da sie nicht bestimmt localisirt erscheinen, sondern
 stets um einen willkürlich gewählten Erregungspunkt
 her sich bilden und ausserdem in Folge von Aufmerk-
 samkeit, Uebung und anderen Einflüssen veränderlich
 ausfallen; auch beschränken sie sich auf eine um so

kleinere Stelle, je dichter die Nervenpapillen stehen. Man kann daher nicht annehmen, der Empfindungskreis entstehe durch mechanische Einwirkung nicht auf einen blossen Punkt, sondern auf eine Hautfläche, da sonst die Grösse der Kreise unabhängig von der relativen Anzahl der Endorgane und im allgemeinen überall dieselbe sein müsste. Der Vorgang erklärt sich besser aus der Deutung, die Uebertragung der Erregung von einer auf benachbarte sensible Fasern sei eine centrale Action, begleitet von Inductionserscheinungen (cfr. S. 204), die sich nach allen Richtungen hin erstrecken und eine gewisse Summe sensibler Fasern (der Abstand der Zirkelspitzen umfasst nach Krause im Durchschnitt 12 Tastkörperchen) umfassen, welche durch Uebung, Aufmerksamkeit, Schärfe der Erregung u. s. w. auf einen immer kleineren Raum beschränkt werden können.

Das Sensorium pflegt die Tastempfindungen an die Oberfläche und zwar dahin zu verlegen, wo die betreffenden Nerven von den Tastobjecten selbst erregt werden; doch kommt man nach Umständen in den Fall, diese Empfindungen noch weiter nach aussen zu versetzen. So fühlen wir die Berührung eines Haars, eines Nagels, einer Zahnkrone als solche, obschon der Eindruck erst durch diese nach einem sensitiven Nerven weiter geleitet werden muss. Ebenso können wir mit einem Stocke tasten, der uns einen doppelten Eindruck, den seiner Körperlichkeit und den seines Contacts mit anderen Körpern zuführt.

Täuschungen des Tastsinns kommen nicht selten vor und sind bald in der Ungleichheit des Tastvermögens der Haut, bald in mangelhaften Mitteln der Vergleichen, oder auch in einer multiplen Leitung der Nerven begründet. In die erste Linie fallen manche unrichtige Urtheile, die wir uns über die Form und Ausdehnung des Körpers bilden. Wenn man einen dreieckigen Griffel zuerst in den Mund nimmt und dann auf die Wange setzt, so fühlt man im ersteren Fall die dreieckige Gestalt des Körpers, im andern aber nur die einfache Berührung eines stumpfen Gegenstandes. Wir haben weiter oben bemerkt, wie der Doppeleindruck eines geöffneten Circels zu einem einfachen zusammenschmelzen kann. Zur zweiten Kategorie rechnen wir das Betasten eines Körpers, den man nicht sieht, mit Stäben von ungleicher Länge; wenn man die Peripherie desselben umgeht, so fällt bei langen Stäben der Umschreibungswinkel viel kleiner aus, als bei kürzeren, und man beurtheilt danach irrthümlicher Weise den Gegenstand. Eine doppelte Empfindungsleitung kann das Tastobject als doppelt erscheinen lassen; so glaubt man, wenn man eine Erbse mit den Aussenflächen zweier gekreuzten Finger derselben Hand fasst und bewegt, deutlich zwei runde Körper zu fühlen. Aus dem gleichen Grunde fühlen wir einen Stab, der, zugleich gegen Ober- und Unterlippe angedrückt, als gerade erscheint, gebrochen, sobald man eine der Lippen oder beide verzieht — ein Experiment, dessen Täuschung vor dem Spiegel verschwindet. Anderartige Gefühlstäuschungen sind S. 208 aufgeführt.

Temperatursinn.

Er bewegt sich, vielleicht weil dann schon in der Nervenmasse der Nervenenden abnorme Verflüssungen oder Consolidationen eintreten, in einem Rahmen von 8 bis 38° R., indem alles ausser diesen Grenzen liegende nicht mehr warm oder kalt, sondern bereits schmerzhaft anspricht. Was dazwischen liegt, unterscheiden wir nach dem Massstab unserer Eigenwärme und fühlen als kalt oder warm, was unter oder über dieser temperirt ist. Die Hand, welche gleich allen vom Circulationscentrum weiter abgelegenen Theile um einige Grade unter der Mittelwärme des Körpers steht, fühlt sich kalt an, wenn wir sie in die Achselgrube bringen, während diese von der Hand als warm empfunden wird. Und so urtheilen wir überhaupt nach Differenzen, deren wechselseitige Ausgleichungsversuche zum Bewusstsein gelangen. Man vermuthet, dass durch den Contact mit einem kalten Körper die Hautpapillen unter Ausstrahlung von Wärme sich zusammenziehen, beim Contact mit einem wärmeren unter Aufnahme strahlender Wärme sich erweitern und auf diese Weise der sensitive Eindruck vermittelt werde. Indess lassen sich durch das Befühlen der Körper thermometrische Messungen nicht ersetzen, und kleine Temperatur-Differenzen (um einige Grade z. B.) können auf diese Weise nur knapp noch zum Bewusstsein gebracht werden. Auch steht der Eindruck im Verhältniss zur Grösse der Berührungsfläche, indem ein Finger, in Wasser von 10° getaucht, sich nicht so kalt angesprochen fühlt, wie die ganze Hand in Wasser von 14°. — Dem Temperatursinn haftet die Eigenthümlichkeit an, dass er in den unvollständigen Sensibilitätsparalysen zuletzt erlischt, so dass gelähmte Theile, welche nicht mehr auf Tastdrucke ansprechen, noch immer für die Eindrücke der Wärme und Kälte empfindlich bleiben.

Die Empfänglichkeit für Temperaturdifferenzen ist bei den Individuen und an den verschiedenen Körperstellen verschieden, und es spielt hier die grössere oder geringere Dicke der Epidermis eine nicht unwichtige Rolle. Am empfindlichsten sind die Zungenspitze, die Gesichtshaut und die Finger, und man soll nach E. H. Weber mit ersterer bei grosser Aufmerksamkeit noch Differenzen von $\frac{1}{6}^{\circ}$ unterscheiden können. Auch die Leitungsfähigkeit der Körper und ihre specifische Wärme kommen hiebei in Betracht. Ein guter Wärmeleiter (Eisen z. B.) spricht uns kälter an, als ein gleich temperirtes Stück Wollenzeug, weil er der Hand eine grössere Wärmemenge entzieht; dasselbe findet bei Uebertragung der Wärme auf die Hand statt. Gleichwarmes Kupfer und Quecksilber sprechen verschieden an, und zwar das erstere wärmer, weil es, um seine Temperaturhöhe zu erreichen, mehr Wärme absorbirt hat und daher bei der Abkühlung um ein gewisses Mass auch mehr Wärme ausstrahlt. Hieher gehört auch der Uebergang des sensitiven Theils aus einer niederen Temperatur in eine etwas höhere; die Hand z. B., die in Wasser

von 10° getaucht war, empfindet beim Einbringen in Wasser von 16° so lange, bis ihre abgekühlte Temperatur mit dem neuen Medium ins Gleichgewicht getreten ist, Wärme und erst von da ab den anhaltenden Eindruck der kühleren Umgebung.

Ähnliche Temperaturirrungen kommen als subjektive Erscheinungen vor. Der Fieberfrost, die Fieberhitze steht nicht im Einklang mit der Allgtemperatur des Körpers; die erstere erklärt man sich aus der krampfhaften Contraction der Gefäßmuskelfasern und der organischen Fasern der Haut, durch welche diese blutarm wird, während man die Hitze durch die erhöhte Circulationsthätigkeit deutet, welcher keine solche Hemmung im Wege steht. Von Reflexwirkung der Temperatur haben wir S. 235 ein Beispiel aufgeführt.

Muskelsinnempfindungen.

Die Muskel besitzen im allgemeinen wenig Sensibilität, da sie gegen mechanische Verletzungen (Stechen, Schneiden u. s. w.) nur wenig Empfindlichkeit zeigen; doch sind sie im Verlauf des normalen Lebens der entschieden localen, sogar zum Schmerz sich steigerbaren Müdigkeitsempfindung fähig, wie sie denn auch unter krankhaften Bedingungen (Krampf u. s. w.) eine besondere Empfindlichkeit verdanken. Man muss daraus folgern, dass in die Muskeln auch sensible Nervenfasern eingehen, auf denen der sogenannte Muskelsinn beruht. Man versteht darunter das Bewusstwerden der gewollten Bewegungen, die in der Coordination complicirter Muskelactionen sehr mangelhaft werden, wenn man die hinteren (sensiblen) Wurzeln der Rückenmarksnerven durchschneidet, und das Erkennen des Spannungsgrades, in welchem sich ein Muskel befindet. Von einigen des letzteren kommen wir in die Lage, die Widerstände, welche ein Muskel zu überwinden hat und die sich in Gewichten ausdrücken lassen, abzuschätzen. Man lernt durch Uebung die Schwere einer Last würdigen und bei einem Mittelgewicht (von 5 Pfunden z. B.) die Differenz von einigen Lothen unterscheiden, während bei kleineren Gewichten der Unterschied sich noch leichter herausfinden lässt. Allerdings ist hiebei denkbar, dass die Seele von vorn herein ein Bewusstsein davon hat, welches Quantum von Reiz sie auf eine gewollte Bewegung oder auf die Erhaltung einer gewissen Spannung verwendet, so dass sie nicht erst von der Peripherie her zu erfahren braucht, wie sich der Muskel befindet.

Drittes Buch.

ZEUGUNG UND ENTWICKLUNG.

Dem Leben eines jeden Thiers ist seine Grenze angewiesen, aber sie tragen insgesamt die Keime der Fortdauer ihrer Art in sich, wenn dieselben auch gelegentlich physiologisch oder pathologisch verkümmern. Das Individuum stirbt, aber die Art lebt fort. Diese Erhaltung der Art wird in der Reihe der Thiere auf verschiedene Weise vermittelt. *)

Ungeschlechtliche Fortpflanzung. — Die einfachste Art der Propagation, respective der Vervielfältigung, welche nur bei den niedersten Thierformen gefunden wird und bei vielen derselben die einzige zu sein scheint, besteht in der Fortpflanzung durch Theilung und in der durch Sprossenbildung. Im ersteren Falle schnürt sich der Thierkörper einfach oder mehrfach ein, bis die Einschnürung eine durchgreifende Theilung bewirkt hat, und die so entstandenen Theilstücke wachsen zu einem dem ursprünglichen Thier ähnlichen aus. Bei der Sprossenbildung entsteht an dem Körper des Mutterthiers (einfach oder in multipler Weise) ein Ansatz, der zum Thier auswächst und entweder mit dem Mutterthier in Verbindung bleibt, so dass allmählig ungeheure Thierstöcke entstehen, oder sich von dem Mutterstock ablöst und als selbstständiges Thier fortlebt, das je nach Umständen wieder zum Gründer eines Thierstocks werden kann. Dieser Form der Vermehrung schliesst sich die sogenannte Keimkörnerbildung an, welche darin besteht, dass im Innern eines Thiers kleine gallertartige Gebilde entstehen, die keine Eier sind und in früheren oder späteren Stufen ihrer Ent-

*) Ueber die *Generatio originaria* (elternlose Entstehung), die um ihres zweifelhaften Charakters willen auch *Generatio aequivoca* genannt wird, haben wir uns an einer anderen Stelle dieser Bibliothek (Grundriss d. vergl. Anatomie) ausgesprochen; sie ist von keinem Belang für die Physiologie des Menschen.

wicklung vermittelt eines Ausstossakts oder durch Ruptur des Mutterkörpers in Freiheit und zu ihrer schliesslichen Ausbildung gelangen (bei Hydra, manche Generationen von Eingeweidewürmern, Aphis, Daphne).

Geschlechtliche Fortpflanzung. Für die höhere Form von Propagation ist ein doppelter Zeugungsstoff, der männliche (Samen) und der weibliche (Ei) erforderlich. Bei vielen Schnecken, Quallen und Eingeweidewürmern sind diese beiden Stoffe in einem Individuum vereinigt (Hermaphroditismus) und ihre Vermischung wird von dem nämlichen Thier, oder wechselseitig von zweien (Schnecken) vollzogen. Bei allen höheren Thieren finden wir jedoch die Zeugungselemente auf zwei Individuen (Geschlechter) vertheilt, und ihre Vermischung geht entweder innerhalb oder ausserhalb des Körpers (Fische, Batrachier) vor sich. Bei manchen Thierformen findet neben der Keimkörnerbildung auch eine geschlechtliche Zeugung statt (manche Eingeweidewürmer, Blattläuse).*)

Die Entwicklung des geschlechtlich befruchteten Eis geht entweder ausserhalb des Mutterthiers oder in dem letzteren bis zu einem gewissen Grad seiner Ausbildung vor sich. Im ersteren Falle wird dem Keim Ernährungsmaterial mitgegeben, welches denselben zum Anbau derjenigen Organe befähigt, deren das neue Thier bedarf, bis es eine Entwicklungsphase erreicht hat, um selbst für seine Ernährung sorgen zu können. Dasselbe findet auch bei denjenigen Em-

*) Auch bei eierlegenden Thieren ist für die Entstehung eines neuen Wesens nicht immer der Zusammentritt von Samen und Ei erforderlich, und wird dieser Propagationsakt mit dem Namen *Parthenogenese* (jungfräuliche Zeugung) bezeichnet. Owen wendet diesen Ausdruck auch auf viele Formen der Keimkörnerbildung an, doch ist er jetzt allgemeiner für die Entwicklung von Thieren aus unbefruchteten Eiern recipirt. Dzierzon bemerkte nämlich zuerst an den Bienen, und seine Beobachtung wurde von Siebold, Berlepsch und Leuckart bestätigt, dass die Eier, aus welchen die männlichen Bienen (Drohnen) hervorgehen, gar nicht befruchtet werden. Die Befruchtung der Königin geschieht nicht in dem Stock, sondern bei ihrem Hochzeitsausflug; wenn man diesen hindert (ihr die Flügel abschneidet), so legt sie wohl Eier, aus denen aber lauter Drohnen hervorkommen. Die befruchtete Königin nimmt den männlichen Samen in eine Samentasche auf und kann von demselben, je nach der Form der Wachszellen, in welche sie das Ei niederlegt, willkürlich dem Ei Samen beimischen oder nicht, sonach das Geschlecht des werdenden Thiers bestimmen, indem nur die befruchteten Eier zu Arbeitsbienen (unentwickelten Weibchen), die unbefruchteten dagegen zu Drohnen sich ausbilden. Selbst die Arbeitsbienen, die nie befruchtet werden, legen bisweilen Eier, die jedoch stetig bloss zu Drohnen sich entwickeln. Diese anomale Erscheinung ist auch an anderen Insekten beobachtet worden.

bryonen statt, welche, ohne mit dem mütterlichen Organismus in Gefäßverbindung zu stehen, gewisse Entwicklungsstufen schon im Mutterleibe durchmachen (den Viviparen der niedereren), und in gewissem Mass selbst bei den vollkommensten Thieren (Säugethieren); doch ist bei letzteren das dem Eichen mitgegebene Anbaumaterial bald nicht mehr ausreichend, so dass die Säfte der Mutter ersetzend eingreifen müssen.

Nach dieser Ordnung sehen wir häufig aus einem Ei ein Thierchen hervorgehen, das mit dem Mutterthier durchaus keine Aehnlichkeit hat, sondern je nach den Bedingungen seiner Lebensfristung sich mit provisorischen Organen versorgt, welche wieder verschwinden, je nachdem es in die Verhältnisse seiner schliesslichen geschlechtsreifen Existenz eintritt. Solche Umwandlungen nennt man Metamorphose, von der die Insektenwelt und die Klasse der Lurche (Batrachier) die bekanntesten Beispiele liefert. Die vergleichende Physiologie unterscheidet hier die progressive und eine retrograde Metamorphose, da es Thiere gibt, welche im nicht geschlechtsreifen Zustand eine der freien Bewegung angepasste artikulierte Organisation zeigen, dieselbe aber in ihrer letzten Phase verlieren, so dass sie einer niedrigeren Thierklasse anzugehören scheinen (die geschlechtsreifen wurmartigen Formen der Rankenfässer, Schmarotzerkrebse und Linguatuliden, welche nur durch ihre Larvenformen den Arthropoden angehören).

Aber nicht immer nimmt die freie selbstständige Entwicklung eines Thiers diesen Gang, sondern es gibt Fälle, in welchen der dem Ei entschlüpfte Embryo zu keiner Zeit dem Mutterthier ähnlich wird; dagegen entwickelt er in seinem Innern gleichzeitig oder nacheinander eine Reihe von Keimen, welche vielleicht erst in zweiter, dritter oder noch späterer Linie Thiere hervorbringen, die dem Urthier ähnlich sind und geschlechtlich sich fortpflanzen. Man hat diese Art der Propagation Generationswechsel genannt, weil die einzelnen Stadien der Metamorphose auf verschiedene Generationen übergetragen sind, und da man Anstand nahm, die ungeschlechtlich proliferirenden Larven Mütter zu nennen, so wurde für sie die von Steenstrup vorgeschlagene Bezeichnung Amme angenommen. Man findet diese Art der Fortpflanzung vornämlich im Kreis der Radiaten und bei vielen parasitischen Würmern (Trematoden und Cestoden), auch bei einigen Athropoden (Aphis, Daphne).

Selbst die vollkommensten Wirbelthiere verlassen das Ei oder den Mutterkörper nicht in einem Zustand voller Ausbildung, sondern haben verschiedene Entwicklungsphasen durchzumachen, die in der Herstellung der Geschlechtsreife ihren Gipfelpunkt erreichen. Jetzt tritt ein Stillstand ein. Mit dem Aufhören der Geschlechtsthätigkeit beginnen die Erscheinungen der Involution.

Wir gehen nun zur Zeugung beim Menschen über.

Erstes Kapitel.

Die Zeugung beim Menschen.**A. Der männliche Samen.**

Der männliche Samen, dieses für die Befruchtung des reifen weiblichen Keims unerlässliche Element, ist das Secret einer paarigen Drüse, der Hoden und wird von diesen beim Mann während des ganzen Bestandes seiner Geschlechtskraft stetig bereitet, zum Unterschied von den Thieren, bei welchen die Erzeugung eines vollkommenen Samens an die Zeit der Brunst gebunden ist. Seine wichtigsten oder vielmehr

Fig. 68.



allein wirksamen Bestandtheile sind die Samenkörperchen (Fig. 68), microscopische Köpfchen mit einem vibratilen Anhang, deren Entwicklungsgang man nur in den Samenkanälchen frischgeschlachteter Thiere oder hingerichteter Menschen verfolgen kann (cfr. S. 153). Kölliker und andere fanden, dass sie anfänglich aus sehr kleinen einfachen Zellen bestehen, welche sich allmählig bis zu 0,02''' vergrößern. Sie haben

zuerst nur einen Kern, der sich während des Wachstums der Mutterzelle durch wiederholte Spaltung in vier, acht und mehr endogene Tochterzellen umwandelt. Ist das Vermehrungsgeschäft beendigt, so entwickelt sich im Innern einer jeden Tochterzelle ein spiralig aufgerollter Samenkörper, der durch Untergang

Fig. 69.



seiner Zellenumhüllung frei wird und sich, da an dem gleichen Verfall sämtliche Tochterzellen theilnehmen, mit seinen Nachbarn symmetrisch an die Wand der Mutterzelle anlegt, wo er mit letztern, Kopf an Kopf lagernd, ein Bündel bildet, in welchem sämtliche Schwänze nach der gleichen Richtung parallel in einen Bogen verlaufen. So wächst das Bündel noch mit der Mutterzelle fort, bis diese endlich reisst und den Samenfäden (Fig. 69 zeigt sie in

ihrem nunmehrigen Zustand) ein Auseinandergehen und freie Bewegung gestattet. Im Samen bemerkt man oft Spermatozoiden, welche an ihren Köpfchen oder Schwänzen noch Reste der Mutterzellenmembran tragen. Die freien Samenfäden kommen erst im Neben-

hoden und in den Ductus deferentes vor; man findet sie in einem Tropfen entleerten Samens in zahlloser Menge.

Die Samenflüssigkeit im ganzen ist weisslich, dick, fadenziehend, leicht alkalisch und von eigenthümlichem Geruch; sie enthält ungefähr 90 Procent Wasser und gibt nach dem Abdampfen eine gelbe hornartig aussehende Masse, die beim Verbrennen den Geruch von verbranntem Horn verbreitet und etwas wenig salinische Asche ergibt. Die organische Substanz des Samens, welche Spermatin genannt wird und wahrscheinlich den Samenfäden entstammt, entspricht sonach chemisch, wenn auch nicht morphologisch dem Verhornungsprocess der Epidermalzellen und unterscheidet sich von dem Eiweissstoff dadurch, dass sie nicht in der Hitze, sondern nur im Alkohol gerinnt und die Lösung des Niederschlags durch heisse Kalilauge bei einer Neutralisirung des Kalis durch Salpetersäure keine Präcipitation zeigt. Das Spermatin ist in einem Verhältniss von 60% vorhanden; die übrigen festen Bestandtheile sind phosphorsaurer Kalk und andere Salze; auch soll sich im Samen freier Phosphor nachweisen lassen.

Die Hoden sind aus einem Convolut von feinen Röhrchen bestehende Organe, welche den männlichen Zeugungsstoff bereiten. Ihre Entfernung vernichtet die Zeugungsfähigkeit, obschon man nach vorgenommener Castration noch eine einzige Befruchtung für Rechnung der in den Samenbläschen befindlichen Samenkörperchen für möglich hält. Die Entmannung wurde früher häufig bei Kindern ausgeführt, die man zu Sängern erziehen wollte. Nach dieser Operation bleibt bei dem heranwachsenden Castraten der Bartwuchs und die ordnungsmässige Entwicklung des Kehlkopfs aus, so dass Stimme und Habitus einen mehr weiblichen Charakter behalten, obschon die übrige Persönlichkeit nicht an der anmuthigen Form des Weibes participirt. — Die Hoden sondern langsamer als die meisten übrigen Drüsen ab. Rasch wiederkehrende Erregungen können ihre Thätigkeit vergrössern; da aber die vollständige Ausbildung der Samenelemente längere Zeit in Anspruch nimmt, so kann es vorkommen, dass die später entleerte Befruchtungsflüssigkeit immer ärmer an Samenkörperchen wird, und man unter dem Microscop frühere Entwicklungsstufen derselben zu sehen kriegt.

Dem Samen mischen sich auf ihrem Weg nach aussen noch andere Flüssigkeiten bei, welche den Zweck haben dürften, die dicke Samensubstanz zu verdünnen und den Bewegungen der Samenkörperchen freiere Excursionen zu gestatten. Hieher gehören die Secrete der Prostata, der Cowperschen Drüsen und namentlich das der Samenbläschen. Dass letztere keine Reservoirs des Samens sind, beweist schon ihr drüsiger Bau und namentlich der Umstand, dass sie bei manchen Thieren nicht mit dem Ductus deferens in Verbindung stehen (so nur auf einer Seite beim Stier). Man hat in ihnen zwar Samenfäden bemerkt; doch mögen diese in Folge ihrer Eigenbewegung dahin gelangt sein, ohne dass sie die Besti-

mung haben, ordnungsmässig diesen Weg einzuschlagen. Die Secretion der Urethralschleimhaut hat den Zweck, diese schlüpfrig zu halten, damit der klebrige Same in seiner Gesammtheit ausgeführt werden möge und nichts an der Harnröhrenwand hängen bleibe; eine ähnliche Wirkung dürfte auch dem Prostata-saft zukommen, der bei einer Reizung der Geschlechtsorgane zuerst austritt und vor dem Erscheinen des Samens als ein kleiner fadenziehender Tropfen am Ende der Harnröhre bemerkt wird.

Ausführung des Samens.

Die Schleimhaut der Ductus deferentes, der Nebenhoden und der Coni vasculosi besitzen Flimmerepithel, dessen Bewegungen sich gegen die Harnröhre hinrichten und wahrscheinlich zur Weiterschaffung des Samens dienen; das hauptsächlichste Perpulsionsagens aber sind die organischen Muskelfasern der Ductus deferentes und ejaculatorii, die nach inducirter Reizung langsam und unwiderstehlich den Samen in die Harnröhre treiben. Hier wird er von der Thätigkeit der zur Harnaustreibung dienenden Muskeln des Mittelfleisches erfasst, welche sich krampfhaft contrahiren und den Samen in einem spritzenden Strahl (er kann bei einem enthaltsamen Mann mehrere Fuss hoch gehen) entleeren (Ejaculation).

Die Entleerung des Samens geschieht entweder spontan in Verbindung mit wohllüstiger psychischer Aufregung (Pollutionen) oder reflectorisch durch Reizung des Penis (bei der Begattung). In diesen beiden Fällen, die von Peniserection begleitet wird, ist durch die Contraction des Blasenschliessmuskels und den Erectionsmechanismus des von Kobelt nachgewiesenen, mit dem Schwammkörper des Bulbus urethrae verbundenen Schnepfenkopfschwammkörpers dafür gesorgt, dass mit dem Samen nicht zugleich der Urin zur Entleerung kommen kann. Dagegen findet man in Rückenmarkskrankheiten, bei Onaniten und ausschweifenden Menschen, dass der Same gegen das Ende des Uriniren sich dem Harn beimischt und ohne Wohllustgefühl abfließt. Dieser Samenfluss ist an sich nicht so gefährlich, als man glaubt, indem das wirklich bedenkliche nicht in dem Samenverlust als solchem, sondern in den pathisch afficirten Nerven liegt.

Ausser dem reflectirten Localreiz der Eichel können auch vom Gehirn ausgehende Reize (wohllüstige Vorstellungen) grosse Samenmenge und aus erschöpfender Ursache stammende Nervenafregung Samenentleerungen bewirken. Das unter normalen Verhältnissen damit verbundene Wohllustgefühl rührt von dem sensiblen Nerven der Penishaut und Eichel, desgleichen von den zum Bewusstsein kommenden Contractionen der organischen Muskeln der Vasa deferentia und der Ejaculationsmuskeln her.

Erection.

Sie ist eine Begleitungserscheinung des Begattungsacts und besteht in einer Vergrößerung und Steifung, wie auch in einer Richtungsveränderung der Ruthe, eine Modification, welche es dem männlichen Glied ermöglicht, tief in die Scheide einzudringen und den Samen an den Ort seiner Bestimmung zu bringen. Die Erscheinung ist ihrem Wesen nach eine Stauung des Bluts in den Maschen der beiden Schwellkörper des Penis und des mit dem der Eichel verbundenen Schwellkörpers der Harnröhre, von denen die ersteren der stärkeren Steifung fähig sind. Diese Stauung kann nun durch ansehnlichere Blutzufuhr vermittelt der geschlängelten Arterien, welche sich erweitern, strecken und stark klopfen, oder auch dadurch bewirkt werden, dass dem Abfluss des Venenbluts ein Hinderniss in den Weg tritt, das kein absolutes zu sein braucht, wenn es nur mächtig genug ist, um der arteriellen Spannung in den erectilen Geweben das Gleichgewicht zu halten. Möglich dass diese beiden Momente zusammenwirken. Im ersteren Falle nimmt man an, dass die Venen nicht im Stande seien, der verstärkten Blutzufuhr gerecht zu werden, da ihre Lumina, wo sie die derbe Faserhaut der Schwellkörper (Albuginea) durchbohren, keiner Erweiterung fähig sind und daher die Hohlräume der Schwellkörper bis zu der Ausdehnung, welche die Elasticität der Albuginea und der Trabeculae gestattet, sich füllen müssen; dann trete ein Beharrungszustand ein, in welchem nur noch so viel Blut zufließen könne, als wieder abzufließen vermöge. Diejenigen, welche den Grund einfach in einer Behinderung des Venenblutabflusses suchen, nehmen an, dass die organischen Muskelfasern der Trabeculae in jedem Punkt, wo die Zellen mit den Venen in Verbindung stehen, eine Verengerung der entsprechenden Venen nach sich ziehen und, da dies durch das ganze Schwellgewebe geschehe, die so gewonnene Caliberverengerung eine ansehnliche Summe ausmache; die hiedurch unter dem fortwährend gleichen arteriellen Blutstrom bewirkte Spannung erreiche im Moment der Ejaculation durch die convulsivische Contraction der Mischocavernosi und bulbocavernosi, welche das Blut aus dem hinteren Theil des Harnröhrenschwellkörpers nach der Eichel hintreiben und damit gleichzeitig einen Druck auf die Rückenvenen der Ruthe üben, ihren Höhenpunkt, von dem aus die Erschlaffung und Rückkehr zum gewöhnlichen Verhalten beginne.

Die Erection entsteht in der Regel auf reflectorischem Weg durch Reizung der Ruthennerven; eine Durchschneidung der letzteren macht die höheren Grade der Steifung unmöglich. Indess ist die geschlechtliche Aufregung nicht die einzige Ursache; auch mechanische Reizung der Ruthe, namentlich der Eichelhaut, Druck, welchen die gefüllte Harnblase, Harnsteine oder Geschwülste auf die Ruthenvenen üben, verschiedenartige Erregungen des centralen Nervensystems, besonders die Gefühle des Mitleids führen

häufig zu Peniserection. Die höheren Grade sind mit Wohllustgefühl verbunden. Man weiss nicht, in welcher Weise es die Nerven möglich machen, dass mehr Blut zu den Schwellkörpern strömt oder eine grössere Menge desselben dort zurückgehalten wird.

Auch beim Weib (der Clitoris) kömmt eine Erection vor, deren Mechanismus derselbe ist wie beim Penis, obschon sich hier ihre Bedeutung auf das Wohllustgefühl, das dem weiblichen Theil den Begattungsact angenehmer machen soll, beschränken dürfte.

B. Das Ei und die Menstruation.

Die weiblichen Keime, für welche schon beim neugeborenen weiblichen Kind eine Präformation vorhanden ist, kommen beim geschlechtsreifen Weib periodisch in den Eierstöcken zur Entwicklung und zur Ablösung. Jeder Eierstock enthält eine gewisse Menge verschieden grosser Bläschen, die graaf'schen Follikel, welche theils an der Oberfläche hervorragen und dabei den Bauchfellüberzug des Eierstocks emporheben, theils in der Tiefe der Eierstocksmasse, dem bindegewebigen Stroma derselben, begraben sind. Man hat diese Follikel, deren Grösse bei der Tieflage zwischen 0,4—0,9''' wechselt, im Zustand der Reife aber einen Durchmesser von 4''' und mehr gewinnen kann, früher für die Eichen gehalten; dies sind sie jedoch nicht, sondern rundliche geschlossene Drüsenkapseln mit doppelter Wandung, welche eine klare, gelbliche, granulirte Eiweissflüssigkeit enthalten. Man unterscheidet in dem Inhalt des Follikels eine Lage von Zellen, welche die ganze Innenwand der Kapsel als eine Art inneres Epithel auskleidet (Körnerhaut), um das Eichen her aber sich massig zu dem sogenannten Keimhügel anhäufen. Das Eichen selbst, das sich im Innern des Follikels befindet, hat einen Durchmesser von 0,05 bis 0,1''' und besteht aus einer structurlosen Dotterhaut, dem feinkörnigen viscösen Dotter und dem Purkinjeschen Keimbläschen, in welchem man als schwachgranulirtes Körperchen den von Wagner entdeckten Keimfleck bemerkt.

Das Reifen der Eichen, das beim Menschen durchschnittlich mit dem fünfzehnten Jahre, nach Umständen früher oder später beginnt, geschieht allmählig und, wie beim Thier in den grösseren Zwischenräumen der Brunstperioden, in gewissen regelmässigen Zeitabschnitten, etwa von 28 zu 28 Tagen. Um diese Zeit platzt ein an die Oberfläche gerückter entwickelter Follikel, bisweilen auch zwei, bewirkt einen Einriss in den Bauchfellüberzug und befreit das eingeschlossene Eichen, das sofort nach der gewöhnlichen Ordnung von dem Trichter der fallopischen Trompete, welcher sich in Folge eines nicht näher bekannten Mechanismus an den Eierstock anlegt, aufgenommen und vermöge der organischen Muskulatur sowohl als des Flimmerepithels in der Tuba nach dem Uterus geleitet wird, wo das unbefruchtete Ovulum zu Grund geht. Die Fortleitung vollbringt sich nur sehr langsam, da für sie, wenn man nach dem analogen Vor-

gang bei Thieren einen Schluss ziehen darf, fünf bis zwölf Tage erforderlich sind. In den Graafschen Follikel setzt beim Bersten dessen Gefässhaut einen localen Erguss von Blut, das neben den Epithelzellen der Körnerhaut eine fettige Degeneration erleidet; dann folgt eine Atrophie mit faltiger Schrumpfung der Kapsel und Vernarbung der Oeffnung, so dass zuletzt (nach Ablauf von 6—10 Wochen) nur noch Pigment übrig bleibt. Folgt auf die Eilösung eine Schwangerschaft, so dauert wegen der nach den Beckenorganen gerichteten ständigen Blutcongestion der Rückbildungsprocess des geplatzten Follikels länger, und das Corpus luteum (so heisst die Narbe in dem Stadium der Fettmetamorphose) gewinnt einen grösseren Umfang. Man pflegt die letzteren Corpora lutea als die wahren von denen, welche nach einfacher Eilösung zurückbleiben (falsche), zu unterscheiden.

Der congestionelle Zustand, welcher die höchste Schwellung und schliessliche Berstung des Graafschen Follikels begleitet, hat in seinem Gefolge verschiedene nervöse Aufregungen, insbesondere aber einen Reizzustand der Gebärmutter- und Scheidenschleimhaut, welche mehr Schleim absondert und in der die Capillaren sich so auftreiben, dass sie microscopische Einrisse erhalten und ihren blutigen Inhalt nach aussen entleeren — Menstruation. Das ausgetretene Blut ist chemisch und microscopisch von anderem Blut nicht verschieden, hat indess häufig wegen der alkalischen Beschaffenheit des Uterus- und Scheidenschleims seine Gerinnbarkeit verloren. Die Menstruation, welche als ein Analogon der Brunstzeit bei den weiblichen Thieren aufzufassen ist und auch beim Weib nach ihrem Ablauf von erhöhtem Geschlechtstrieb begleitet wird, dauert in der Regel drei bis vier Tage, und cessirt während der Schwangerschaft wie auch in vielen Krankheiten, namentlich der Eierstöcke und solcher, die im Gefolge mangelhafter Blutkörperchenbereitung einhergehen. Bei Weibern, deren Ovarien entfernt sind, tritt sie nicht mehr ein. Die Menge des abgehenden Bluts ist bald grösser bald geringer, je nach den Ernährungsverhältnissen des Individuums, und mag im Durchschnitt ein halb Pfund betragen. Hyrtl und Letheby haben bei Mädchen, welche einige Tage nach der Menstruation starben, Eichen in den Tuben gefunden; es ist daher wahrscheinlich, dass das Ovulum gegen das Ende des Regelflusses den Eierstock verlässt. Die Menstruation pflegt in gemässigten Klimaten gegen das 15. Jahr zu beginnen und gegen das 50. wieder aufzuhören.

Man hat früher angenommen, das Eichen verlasse nur nach dem befruchtenden Einfluss des Samens den Eierstock; neuere Beobachtungen zeigten übrigens, dass, conform mit dem Legen der Vögel, auch ohne Anwesenheit eines männlichen Thiers, dem noch viele andere bestätigende Vorgänge zur Seite stehen, der selbstständige Austritt der Eier ein allgemeines Naturgesetz ist. Man findet die Corpora lutea auch in jungfräulichen Ovarien.

C. Begattung und Befruchtung.

Die weibliche Scheide nimmt einen gekrümmten Verlauf, und der Mutterhals ragt wie ein schiefer Zapfen in die leere Scheidehöhle herein; bringt man aber einen cylindrischen Mutterspiegel in die Scheide, bis er oben ansteht, so überzeugt man sich, dass durch einen solchen ausfüllenden Körper der Scheidentheil des Uterus aus seiner Höhlung hinaus und an das obere Ende des gestreckten Kanals gedrängt wird, in welchem der äussere Muttermund den Culminationspunkt bildet (Martini). Die Urethra der erigirten Ruthe bildet sonach mit der Höhlung des Uterus einen fortlaufenden geraden Samenweg, in welchem der Same unter dem kräftigen Impuls der Ejaculation mit Leichtigkeit und ohne durch einen Winkel gebrochen zu werden, in die Höhlung des Uterus eingeht, zu dessen senkrechter Einstellung vielleicht auch ein Erectionszustand der Gebärmutter mitwirkt (Rouget). Von hier aus mag der Same durch peristaltische Bewegungen des Uterus und der Tuben nach dem Eierstock hin gelangen und dort mit dem Ovulum in Berührung kommen, da man Samenfäden bis in das Ovarium verfolgt hat und der Contact dieser mit dem Ei der physiologische Zweck der Begattung ist; das Flimmerepithel der Tuben kömmt dabei nicht in Betracht, da dieses in entgegengesetzter Richtung wirkt, vielleicht eher noch die Bewegungsfähigkeit der Samenkörperchen, obschon ihren Bewegungen keineswegs eine geordnete Tendenz inwohnt.

Wegen Vorhandensein des Hymens ist der erste Coitus, welcher diese Schleimhautfalte zerreisst, beim Weib schmerzlich. Eine wesentliche Bedingung der Befruchtung besteht in dem Contact des Samens mit dem Eichen, und wenn ersterer befruchtend sein soll, ist die Anwesenheit von Samenfäden unerlässlich. Versuche an Fröschen haben ergeben, dass der Same mit dem zwanzigtausendfachen seines Gewichts Wasser verdünnt werden kann, ohne seine befruchtende Eigenschaft zu verlieren, und Spallanzani ermittelte durch Rechnung, dass zur Befruchtung eines Eis etwa ein Millionstelsgran erforderlich ist; lässt man aber die Flüssigkeit durch ein Filtrum gehen, welches für die Samenfäden nicht permeabel ist, so bleiben die Befruchtungsversuche erfolglos.

Man hat an Thieren die Beobachtung gemacht, dass von den Samenkörperchen, welche sich um das Ei herum bewegen, einige die Dotterhaut durchbohren und in den Dotter eindringen, in welchem sie nach einiger Zeit eine Fettmetamorphose erleiden und durch die Nebenprodukte derselben wahrscheinlich die zur Entwicklung des Keims nöthigen Stoffe liefern. Diese Entwicklung beginnt alsbald nach dem Eintritt eines Samenfadens.

Für die Befruchtung ist das durch die Reibung des Penis in den weiblichen Geburtstheilen erzeugte Wohlustgefühl, das hier in der Erregung der sensiblen Nerven der Scheide, der Clitoris und der Nymphen, wie auch in den reflectorischen Muskelcontractionen

des Constrictor Vaginae, der *M. ischiocavernosi* und der Muskelfasern der Bartholinischen Drüsen seinen Grund hat, um so weniger erforderlich, als die Befruchtung nicht mit dem Coitusact zusammenfällt. Frigide Frauen empfangen gleichwohl, und Spallanzani hat eine Hündin vermittelst einfachen Einspritzens von Samen in ihre Genitalien befruchtet.

Wir haben bisher von dem ordnungsmässigen Hergang der Begattung gesprochen, wie er die Befruchtung am meisten begünstigt; doch kommen bisweilen Fälle vor, in welchen die Samenleitung nicht so direct ist. Ein kurzes Glied, ein hypospadiäischer Bau schliesst die Möglichkeit einer Befruchtung nicht aus. Auch sind einzelne authentische Fälle bekannt, in welchen für die Geburt des Kindes das Hymen getrennt werden musste. Diese Vorkommnisse nöthigen jedoch nicht zu der Annahme, dass eine *Aura seminalis* zur Befruchtung ausreiche oder eine Resorption des Samens von Schleimhautflächen, ja wohl gar von der Bauchhaut aus, wie schon behauptet wurde, demselben Zweck entspreche. Die Erklärung liegt einfach in der Beweglichkeit der Samenfäden, die, wenn sie auch in untere Scheidenpartieen deponirt werden, durch ihr selbstständiges Wandern möglicherweise nach einer Stelle gelangen, wo sie mit dem Ovulum in Berührung kommen können.

Zeit der Befruchtung.

Wir haben gesagt, die Befruchtung falle nicht mit der Begattung zusammen, sondern trete erst später ein. Man hat daraus auf die Zeit Schlüsse ziehen wollen, in welchen eine Begattung wirksam oder nicht wirksam sein solle und unter Zugrundlegung des Moments, dass der Eiaustritt wahrscheinlich gegen das Ende einer Menstruationsperiode statfinde und das Ovulum gegen den zwölften Tag im Uterus eintrifft, um daselbst zu Grunde zu gehen, gefolgert, dass ein Coitus zwölf Tage nach Ablauf des Regelflusses unwirksam sei. Dieser Annahme widerspricht jedoch die Erfahrung, da für die Zeit der Befruchtung verschiedene Umstände massgebend werden. Die eingeführten Samenfäden erhalten in den weiblichen Geburtstheilen ihre Beweglichkeit und somit ihre Wirksamkeit eine unbestimmte Zeit (man hat bei Hunden acht Tage nach der Begattung noch bewegliche Spermatozoiden gefunden), und so mögen sie auch in den zwölf Tagen vor dem Regeleintritt in die Tuben oder zum Eierstock gelangen, um das später austretende Ei zu befruchten. Ja der Fall ist denkbar, dass sie schon in den Graafschen Follikel eindringen und eine Befruchtung des Eis bewirken, eine Möglichkeit, die in dem (freilich neuerdings angestrittenen) Vorkommen wahrer Ovarienschwangerschaften eine Begründung finden dürfte. Andererseits ist die Dauer der Einwanderung durch die Tuben keine so festgestellte Thatsache; sie mag nach Umständen länger oder kürzer währen.

Ort der Befruchtung.

Er ist nach der Stelle, wo sich die männlichen und weiblichen Zeugungselemente begegnen, verschieden — auf dem Eierstock, wo die Samenfäden sich des eben ausgetretenen Eichen bemächtigen (Beweis die Entwicklung des Embryos auf dem Ovarium oder in der Bauchhöhle, in welche das befruchtete Eichen gefallen ist), in der Tuba, in welcher das befruchtete Eichen bereits seine Metamorphosen beginnt, ja bei einem Stocken zur Tubaschwangerschaft Anlass gibt, und in der Gebärmutter.

Mehrfältige Befruchtung.

Meist reift bei Frauen jedesmal nur ein Graafschs Bläschen mit einem einfachen Kern, der befruchtet durch seine Entwicklung eine einfache Schwangerschaft darstellt. Reifen gleichzeitig zwei, drei oder noch mehr Keime und werden befruchtet, so entstehen Zwillings-, Drillings- u. s. w. Schwangerschaften. Glaubwürdige Beispiele, dass mehr als Sechslinge geboren wurden, sind nicht bekannt. Solche multiple Conceptionen können die Wirkungen eines einzigen Coitus sein, obschon auch aus mehreren in kurzer Zeit aufeinander folgenden Begattungen der Same sich mengen mag und die gleichzeitige Geburt von Kindern, von der eines der reinen und das andere einer Mischrasse angehört, in den Bereich der Möglichkeit fällt. Dagegen ist die Annahme zu verwerfen, dass eine schon mehrere Monate schwangere Frau abermals empfangen (Superfoetation) und nach Ablauf der betreffenden Schwangerschaftsperioden je ein reifes Kind gebären könne, denn die Eihäute und der gebildete Schleimpfropf im Kanal des Mutterhalses hindern den Zugang des Samens zu einem weiteren Ei. Bei dem Vorhandensein eines doppelten Uterus wäre allerdings eine solche Superfoetation möglich, allein nicht wahrscheinlich, da die spontane Ovulation während der Schwangerschaft zu sistiren scheint. Die Fälle von Doppelgeburten, die im Verlauf von einigen Monaten stattgefunden haben sollen, haben bei Prüfung der Einzelheiten einen sehr verdächtigen Charakter und lassen sich in der Regel darauf zurückführen, dass Zwillingaskinder ungleichzeitig geboren wurden.

D. Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett.

Ist das befruchtete Ei in dem Uterus angelangt, so zeigen sich in den weiblichen Genitalien verschiedene anatomische und functionelle Alterationen, von denen neben dem Cessiren der Menstruation die den Uterus selbst betreffenden die wichtigsten sind. Die Grösse der Gebärmutter nimmt in Folge des vermehrten Säftezuflusses und der erhöhten vitalen Thätigkeit in einem Verhältniss zu, das theilweise unabhängig

ist von der Entwicklung des Embryo, indem die Vergrößerung des Uterus auch da sich bemerklich macht, wenn das Ei sich nicht in demselben befindet. Neben der räumlichen Ausdehnung findet auch eine ansehnliche Verdickung der Wandungen statt, und Meckel fand, dass eine Gebärmutter einige Tage nach der Geburt noch 24 Unzen wog, während die jungfräuliche kaum ein Loth wiegt. Mit dem Wachsthum geht auch eine Veränderung der Form vor sich, indem der birnförmige Uteruskörper allmählig in ein Ovoid mit abwärts gekehrter Spitze übergeht und der zapfenförmige Mutterhals sich mehr und mehr verstreicht, bis seine inneren Wandungen fast vollständig mit zur Bildung der Uterushöhle verwendet sind. In Folge der Anschwellung und der vermehrten Schwere sinkt der Uterus in den beiden ersten Schwangerschaftsmonaten tiefer ins Becken herab; da er aber später im kleinen Becken nicht mehr Raum findet, so beginnt er sich fortan aus demselben zu heben, während der Grund sich mehr nach vorn neigt und in der Bauchhöhle weiter und weiter in die Höhe steigt, bis er nach verschiedentlichen Verschiebungen der Eingeweide und unter Seitwärtsdrängung der untersten falschen Rippen endlich in der Herzgrube ansteht. Gegen das Ende der Schwangerschaft hat der Längen- und Breiten-durchmesser (beim jungfräulichen Uterus $2\frac{3}{4}$ und $1\frac{1}{2}$ Zolle betragend) eine Ausdehnung von ungefähr 13 und 9 Zollen gewonnen.

Während der Uterus um die sich entwickelnde Frucht her an räumlicher Ausdehnung zulegt, verdicken sich auch seine Wandungen und erscheinen (im Gegensatz vom ungeschwängerten Uterus, in welchem sich die Muskelfasern mit blossem Auge nicht gut unterscheiden lassen) deutlich muskulös, indem nicht nur die bereits vorhandenen Muskelfasern sich beträchtlich vergrößern, sondern auch neue sich entwickeln. Die Arterien und Venen erweitern sich und zeigen zahlreichere Krümmungen; auch die Nerven werden dicker und bekommen nach Remak mehr graue Fasern. In gleichem Mass erweitern sich die Lymphgefässe, und das früher feste und dichte Zellgewebe wird weicher, nachgiebiger, schwammig.

Die Schleimhaut, die nach der Befruchtung beträchtlich anschwillt, selbst wenn das Ei nicht im Uterus zur Entwicklung kömmt, wandelt sich in die Nesthaut (*Membrana decidua*) um. Die Schleimhaut erscheint nämlich schon bei dem Anlangen des Eichens in Folge starker Entwicklung der in und hinter ihr befindlichen schlauchförmigen *Glandulae utricales* als eine mit kleinen geschlängelten Cylindern belegte Membran, welche die ganze Gebärmutterhöhle auskleidet und auch den Muttermund mit einem Pfropf versieht, so dass fortan eine weitere Befruchtung zur Unmöglichkeit wird. Man hat früher angenommen, dass die Nesthaut auch die Einmündungsöffnungen der Tuben überbrücke und durch das anlangende Ei in ihr eine Einstülpung bewirkt werde (*Decidua reflexa*); dies ist aber nicht der Fall, da die *Decidua* keine Tubenmündung verstopft, sondern an ihnen eine Doppelfalte bildet. Das Eichen geräth in eine der zwi-

schen den Falten befindlichen Furchen und wird durch die lebhaft entwickelte der Elemente in der Gebärmutter Schleimhaut nach und nach eingekapselt, so dass die Uterushöhle in zwei Fächer, ein vorderes und hinteres abgetheilt erscheint, zwischen denen die *Decidua reflexa* die Scheidewand bildet. Das hintere gegen die Tuba hingekehrte Fach enthält das Ei und wird von der äussern Hülle desselben, dem Chorion, ausgekleidet. An der Stelle des letzteren, wo seine Zotten sich zur Fötalplacenta entwickeln (*Chorion villosum*), entsteht an der Muskelwand der Gebärmutter ein neues Exsudat, *Decidua serotina* genannt, welche einen weit grösseren Gefässreichthum entwickelt, als die *Decidua vera* und *reflexa*, und in Verbindung mit den hier besonders stark auswachsenden Utriculardrüsen nebst dem bindegewebigen Stroma die *Placenta materna* herstellt. Die Blutzufuhr zu diesem Gebilde geschieht von der *Arteria uterina* aus durch kleine arterielle Zweigchen, die Blutabfuhr durch verhältnissmässig sehr starke Venen; in seine Hohlräume hinein senken sich die blutgefässreichen Zotten der *Chorion villosum*, und es entsteht dadurch ein mächtiger endosmotischer Contact zwischen dem Blut der Mutter und der Frucht, ohne dass irgendwo offene Uebergänge zwischen den Blutgefässen der Mutter und der Embryo stattfänden. Die ursprünglich getrennten Systeme der Fötal- und Maternalplacenta verschmelzen mit der Zeit immer mehr zu einem gleichmässigen Organ, der *Placenta*, die an verschiedenen Stellen der Gebärmutter sich anheften kann und bei der Geburt unter den Erscheinungen einer Uterusblutung ausgestossen wird.

Während das Ei in seiner Ausbildung fortschreitet, nähert sich in dem vorderen Fach die *Decidua reflexa* mehr und mehr der *Decidua* an der entgegengesetzten Uteruswand, um schliesslich mit derselben zu verschmelzen. Der drüsige Bau in den Blättern der Nesthaut verschwindet, ihre Gefässe atrophiren, und im vierten Monat der Schwangerschaft beginnt sie von der muskulösen Wand sich abzulösen, während unter ihr eine neue Schleimhaut sich bildet. Letztere ist nahezu völlig neu hergestellt, wenn bei dem Geburtsact mit den Eihäuten auch die Reste der Nesthaut ausgestossen werden.

Während der Schwangerschaft ist bei der Mutter das specifische Gewicht des Bluts geringer und die Anzahl der rothen Blutkörperchen nimmt ab, während die weissen sich vermehren. Eine Folge davon ist die Müdigkeit und Schwäche der Frauen in den letzten Schwangerschaftswochen, die man früher von einer vermeintlichen Plethora abgeleitet hat. Das aus der Ader gelassene Blut zeigt eine Speckhaut (cfr. S. 60.).

Die Zeit von der Empfängniss bis zur Geburt beträgt beim Menschen durchschnittlich 40 Wochen. Namhafte Abweichungen von dieser Ziffer bedingen die Früh- oder Spätgeburt. Geschieht der Ausstoss zu einer Zeit, in welcher der Fötus noch nicht lebensfähig ist, so nennt man ihn Fehlgeburt (*Abortus*).

Der Gebäract

wird durch die Contractionen zu der Gebärmutter (Wehen) eingeleitet; sie beginnen vom Fundus uteri aus, gegen den sich die Fasern, namentlich die longitudinalen zusammenziehen. Bei dem Eintritt der kräftigern Contractionen öffnet sich nach und nach der Muttermund; während jeder Wehe treten die Eihäute in der Form einer Blase hervor, welche endlich platzt und das zwischen ihr und dem Kindskopf befindliche Fruchtwasser abfließen lässt. Dem Blasensprung folgt eine ausgiebigere Erweiterung des Muttermunds durch den vorliegenden Kindstheil. Nun werden die Wehen anhaltender, kräftiger und finden in der Bauchpresse eine Unterstützung. Bei normaler Lage zwängt sich zuerst der Kopf durch die stark angespannten äusseren Geburtstheile (der schmerzlichste Moment des Gebätracts), worauf eine kurze Pause eintritt und dann unter erneuten Wehen die Schultern und übrigen Kindstheile nebst dem zurückgebliebenen Fruchtwasser durch die Schamspalte ausgetrieben werden. Den Schluss bildet der Ausstoss der schon früher abgelösten Eihäute und der Nabelschnur sammt dem Mutterkuchen, dessen Lostrennung von der Uteruswand von Blutung begleitet wird; doch hält letztere gewöhnlich nicht lange an, da die starke Zusammenziehung des Uterus die offenen Gefässlumina bald zum Verschluss bringt. Ist die Geburt mit dem Ausstoss der Nachgeburt beendigt, so beginnt das sogenannte

Wochenbett,

in welchem der Uterus sich allmählig mehr und mehr zusammenzieht. Die durch Losreissung der Placenta bewirkte Blutung wandelt sich zur Ausscheidung eines röthlichen Schleims um, der anfangs noch rothe Blutkörperchen unterscheiden lässt, nach dem Ende des Milchfiebers aber ein wenig gefärbtes, eiweissiges Secret darstellt. Dieser Ausfluss (Lochien) hält gewöhnlich drei bis vier Wochen an, während welcher Zeit auch die Haut eine stärkere Thätigkeit entwickelt. Nach sechs bis acht Wochen ist der Uterus auf seinen gewöhnlichen Umfang zurückgekommen und im Stande, wieder in den Cyclus des periodischen Monatsflusses einzutreten, wenn nicht, wie dies meist der Fall ist, die Säfte der Mutter für das Säugegeschäft in Anspruch genommen werden.

E. Das Säugen.

Schon in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft bereiten sich die weiblichen Brüste durch Vergrößerung zu ihrer spätern Function vor. Am zweiten oder dritten Tag nach der Entbindung werden sie hart und schmerzhaft und es tritt das sogenannte Milchfieber ein, während dessen kurzem Verlauf sich die Milchsecretion herstellt.

Die Milch ist ein Produkt der weiblichen Brüste.

drüsen, welche dieselbe ordnungsmässig und periodisch (zur Zeit des Wochenbetts und während des Säugeschäfts) bereiten. Milch in jungfräulichen oder gar männlichen Brustdrüsen ist ein seltenes Vorkommniss. Das Secret, das in der Regel nicht spontan abfließt, sondern durch Saugen entleert wird, bildet sich unter stärkerer Blutzufuhr durch die betreffenden Arterien aus der partiellen Fettmetamorphose der in den Milchanälen befindlichen Zellen und stellt eine Flüssigkeit dar, die in ungefähr 89⁰/₀ Wasser nahezu 4⁰/₀ Käsestoff und Extractivstoffe, 2,5⁰/₀ Butter und 4,5⁰/₀ Milchezucker nebst Salzen enthält, sonach einen vollkommenen Nährstoff bieten, da sie die erforderlichen plastischen und respiratorischen Elemente im geeigneten Verhältniss in sich schliesst. Der Milchezucker bildet sich wahrscheinlich aus dem Traubenzucker, das Kasein, das nach Panum und Moleschott in dem Blut säugender Frauen präformirt vorkommt, aus den Proteinsubstanzen des Bluts. — Die gewöhnliche Milch zeigt in klarer farbloser Flüssigkeit eine Anzahl kugelliger Fetttropfen, die sogenannten Milchkügelchen, die nicht zusammenfliessen, sondern eine feine, aus geronnenem Kasein bestehende Hülle besitzen. Die in den ersten Tagen nach der Geburt ausgeschiedene Milch (Biester, Colostrum) enthält viel weniger Milchkügelchen, dafür aber erhebliche Mengen von Eiweiss und überhaupt mehr feste Bestandtheile (namentlich Zucker und Salze) als die spätere Milch und übt auf den Säugling eine die Entfernung des Kindspechs fördernde abführende Wirkung. Die sogenannten Colostrumkörperchen, die sich sehr zahlreich im Biester befinden, sind nicht zerfallene Drüsenzellen, deren Inhalt die endogene Fettmetamorphose (Milchkügelchen) wahrnehmen lässt.

Während des Säugens setzt in der Regel die Menstruation aus.

Zweites Kapitel.

Die Entwicklung des Eichens in der Gebärmutter.

(Embryologie.)

Die Veränderungen, welche das befruchtete Ei erleidet, können begreiflicherweise in ihrem zusammenhängenden Verlauf nur an Thieren studirt werden. Die Analogie der späteren Entwicklung gestattet, die so gefundenen Vorgänge auch auf den Menschen anzuwenden.

Wenn das Eichen in die Tuba eintritt, nimmt es die zellige Masse des Keimhügels (S. 304) mit; doch verschwindet diese bald, und beim Vorrücken in der Tuba belegt es sich auf Kosten ihrer Schleimhaut mit einer Eiweisschichte (Zona pellucida), die bei den Vögeln sehr ansehnlich wird, bei Säugethieren aber nur unbedeutend ist und so früh sich wieder verliert, dass sie bei manchen, wenn das Ovulum im Uterus anlangt, ganz zu fehlen scheint. Dieser Beleg, der sich auch am unbefruchteten Eichen bemerklich macht, erhält am befruchteten Ovulum des Menschen im Uterus die erste Anlage seiner radial gestellten Zoten, welche sich verzweigen und die als Chorion bezeichnete zotige Fruchthülle bilden.

Die erste Befruchtungserscheinung gibt sich in der sogenannten Dotterspaltung zu erkennen. Virchow erkennt in der Eizelle die Mutter aller übrigen animalischen Zellen und in der Dotterspaltung das Vorbild aller Zellenvermehrung. Das Keimbläschen mit dem Keimfleck in Fig. 70 ist der Kern des Eis, der sich theilt, worauf um die nun bestehenden zwei Kerne her der Dotter sich in zwei Sphäroide trennt (Fig. 71). Die Kerne theilen sich abermals (Fig. 72), worauf sich auch die Segmentirung wiederholt, und dies geht so fort (Fig. 73), bis endlich der Dotter in eine Menge von mit Kernen versehenen Bildungskugeln verfallen ist. Die Theilnahme des Keimflecks an der Furchung ist an den meisten Thieren nur schwer zu

beobachten und wird daher von vielen Forschern in Abrede gezogen; indess ist der Vorgang an einigen niedrigen Thieren von Joh. Müller, Gegenbauer und Leydig constatirt worden. — Die oberflächlichsten

Fig. 70.

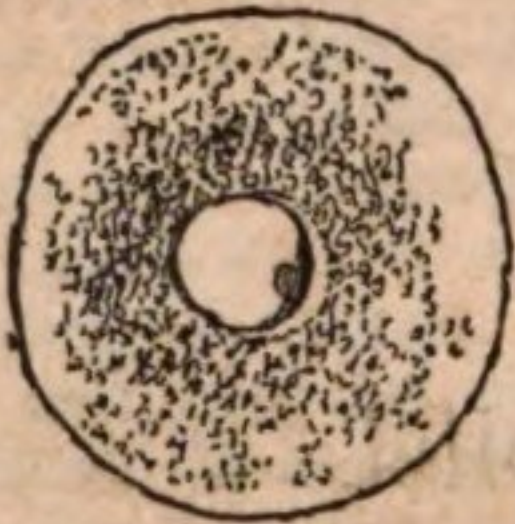


Fig. 71.



Fig. 72.

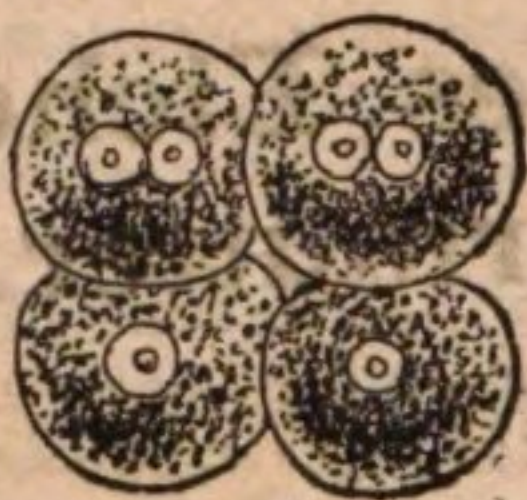


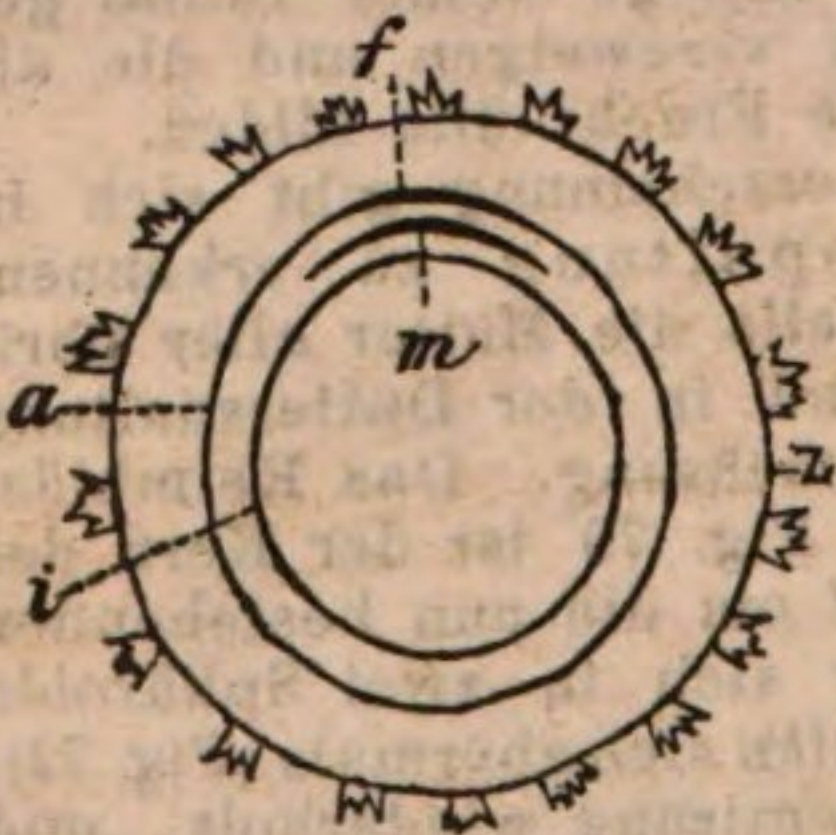
Fig. 73.



Furchungskugeln gewinnen nun deutlich den Charakter von Zellen, legen sich an die Innenwand der Zona pellucida an und bilden durch ihre Verschmelzung die dünne durchsichtige Keimblase, welche die hellgewordene Dotterflüssigkeit einschliesst. Man unterscheidet jetzt an dem etwa $\frac{1}{2}$ Linie grossen Ei die Zona pellucida, die Keimblase und den halbflüssigen Dotter.

Nun entsteht an einer Stelle der Keimblase eine grössere Anhäufung von Zellen, der Fruchthof oder Embryonalfleck, welcher direct zur Bildung des Embryo bestimmt ist. Bald aber theilt sich der Fruchthof in zwei Schichten, das äussere und innere Keimblatt, deren Theilung vom Fruchthof

Fig. 74.



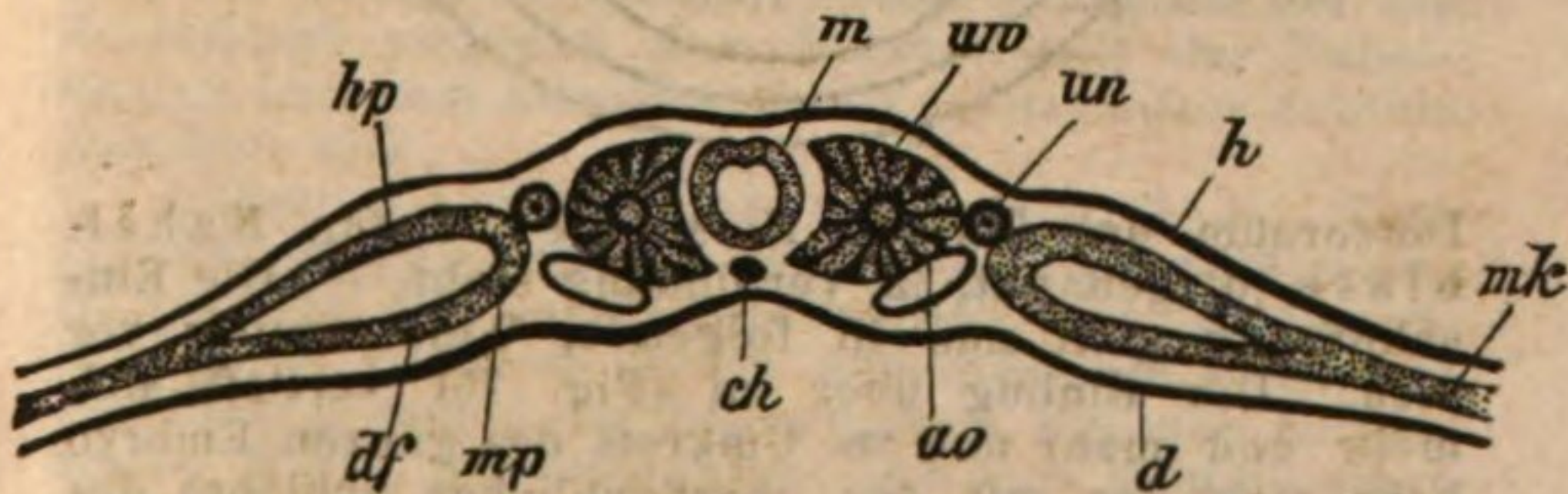
aus sich über die Keimblase fortsetzt, so dass diese aus zwei concentrischen Blättern zusammengesetzt erscheint, zwischen welche im Bereich des Fruchthofes, ohne über die Grenze desselben hinaus zu gehen, das mittlere Keimblatt sich einschiebt. Fig. 74 zeigt als äussere Zone die Zona pellucida, bei f den Fruchthof, bei a das äussere, bei m das mittlere und bei i das innere Keimblatt. — Zugleich geht in dem Fruchthof

selbst eine Sonderung vor, indem er sich in seiner Mitte aufhellt und in der Achse dieses durchsichtigen Raums (Area pellucida) das erste Rudiment des Embryo

zeigt, um die helle Partie her aber auf Rechnung einer reicheren Zellenbildung an dem peripherischen Theil des inneren Blattes eine dunklere (*Area opaca*, dunkler Fruchthof) sich entwickelt. — Von diesen Elementen aus geschieht der Ausbau des Embryo und seiner Anhänge, und jedes derselben hat seine eigenthümliche Bedeutung. Von den drei Blättern stellt jedes das specifische Blastem für eine Organgruppe dar. Das äussere Keimblatt liefert das Bildungsmaterial für das gesammte Epithel der äusseren Haut, für ihre Einstülpungen (Talg-, Schweiss-, Milchdrüsen) und Anhänge (Haare, Nägel) und für das centrale Nervensystem, wesshalb ihm die Bezeichnung Hornblatt oder auch sensorielles Blatt beigelegt wurde. Das innere Keimblatt liefert das Bildungsmaterial für das gesammte Epithel des Darms und seiner Ausstülpungen (Lungen-, Blasen-, Leberepithel u. s. w.) und heisst desshalb Darm- oder Drüsenblatt. Das mittlere, welches das Blastem für alle übrigen Theile, namentlich für Knochen, Muskel, peripherische Nerven, Gefässe und Sexualorgane beschafft, wird als motorisch germinatives Blatt bezeichnet. Dieses Blatt spaltet sich schon sehr früh in zwei Platten, von welchen die äussere die Rumpfwand, die innere (Darmfaserplatte) die Darmwand mit Ausnahme des Epithels bildet; den Zwischenraum stellt die Peritonealhöhle her. Da die Spaltung in der Medianlinie ausbleibt, so erhält sich hier eine Verwachsung zwischen Rumpf- und Darmwand, die Anlage des Mesenteriums und einiger Organe.

In der Mittellinie des birnförmigen Fruchthofs verkleben die drei Blätter fest mit einander. An dieser Verklebungsstelle bemerkt man die erste sichtbare Anlage des Embryos in der Form eines schmalen Längsstreifen, des Bärchen Primitivstreifen, der sich durch wulstförmige Erhebung seiner dem Hornblatt angehörigen Seitenränder zu einer Rinne vertieft. Die Wülste (Medullarplatten) erheben sich mehr und mehr und treten endlich bogenförmig über der Rinne zusammen, so dass diese einen Kanal, das Medullarrohr darstellt (Fig. 75 m). Zu gleicher

Fig. 75.

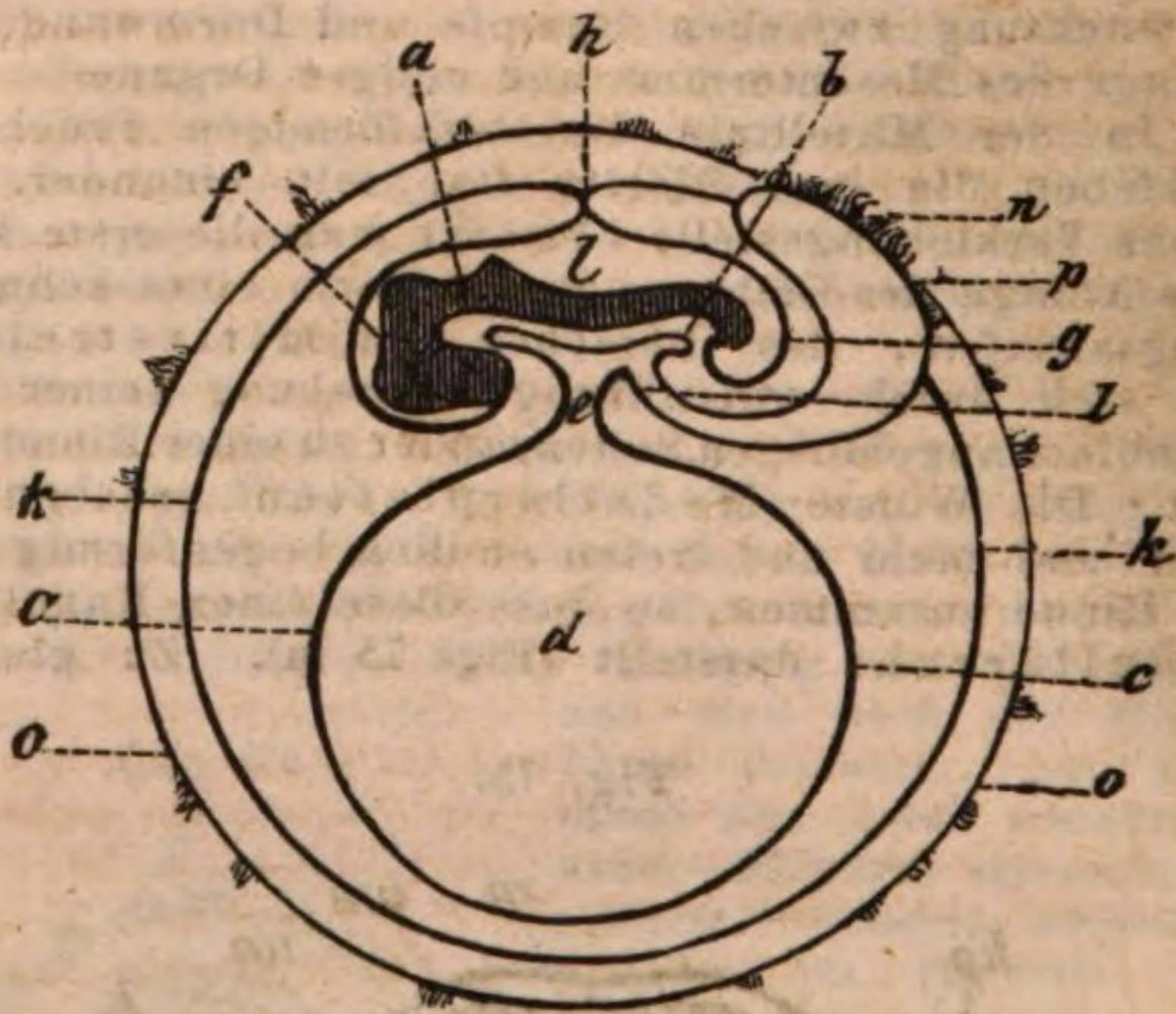


Zeit treten auch im mittleren Keimblatt einzelne Theile unterscheidbar hervor, namentlich ein unter dem Primitivstreifen sich entwickelnder Cylinder *ch*, die Wirbelsaite (*Chorda dorsalis*), welche den Achseltheil der späteren Wirbelkörper und Schädelbasis gibt; beiderseits von ihr erscheint das mittlere Blatt & das

in zwei Massen (uw u. hpdf) geschiedenen, von welchen man die zunächst an die Wirbelsaite grenzende als Urwirbelpplatten, die andere als Seitenplatten bezeichnet. Das vordere und hintere Ende des Medullarrohrs schwillt etwas an, namentlich vorn, wo sich die Anschwellung in drei Hirnblasen gliedert.

Bisher hat sich die Embryonalanlage nur als eine verdickte Stelle der sonst überall stetig gekrümmten Keimblase kundgegeben; jetzt aber beginnt die erstere vorzugsweise sich zu entwickeln und sich gegen die Keimblase stärker abzuheben oder, um uns des üblichen Ausdrucks zu bedienen, gegen sie abzuschnüren. Diese Abschnürung, von welcher der Querschnitt des Embryo Fig. 75 an der Aussenseite der Urwirbel (uw) eine Andeutung gibt, wird zuerst vorn und hinten, bald aber auch an den Seiten bemerkt und bildet im Verlauf eine solche Umbiegung der verbundenen Keimblätter, dass an der unteren Fläche des Embryo nur in der Mitte eine Stelle als unbedeckt erscheint, von der aus die Keimblase wieder nach aussen geht. Hinter dieser offenen Stelle des Embryo stellt aber die zunehmende Abschnürung im Innern desselben eine Höhle (die Darmhöhle) her, welche zuletzt nur noch durch einen engen Gang, den Ductus vitellointestinalis (Fig. 76 e) mit dem

Fig. 76.



Innenraum der übrigen Keimblase, fortan Nabelblase (d) genannt, in Verbindung steht. — Die Einschnürung geht nun in folgender Weise weiter vor sich. Der Einbug über un (Fig. 75) vertieft sich mehr und mehr und im Umkreis des ganzen Embryo hebt sich das mit der oberflächlichen Schichte des mittleren Kernblatts (Fig. 75 hp) eng verbundene Hornblatt h in die Höhe, um eine wallartige Falte herzustellen, die von allen Seiten mehr und mehr nach oben wächst, bis sie endlich in einem Punkt (Fig. 76 h) zusammentrifft und hier die trennende Scheidewand durchbricht. Wir haben sonach jetzt eine doppelte

Blase, von denen die eine (Fig. 76 l) mit dem Blatt g den ganzen Embryo mit Ausschluss des Dottergangs (e) umgibt und Amnion heisst. Die Haut der äusseren Blase (kk) dagegen, welche die seröse Hülle oder das äussere Blastodarmblatt genannt wird, legt sich an die ursprüngliche Eiweisschicht o o (Zona pellucida) an und verwächst mit ihr zum Chorion, das anfangs dem Rücken des Embryo anliegt, in dem Mass aber sich von demselben entfernt, in welchem sich in der Amnionhöhle das Fruchtwasser, Liquor Amnii, ansammelt. Diese Flüssigkeit, welche aus 97—99 % Wasser, ausserdem aber aus Eiweiss, Harnstoff, Extractivstoffen, Allantoin, Kochsalz, milchsaurem Natrum, schwefelsaurem und phosphorsaurem Kalk besteht, und bei der Geburt nach dem Einriss der Eihülle abfliesst, nimmt bis zum fünften Monat der Schwangerschaft zu, steht um diese Zeit mit dem Gewicht des Fötus gleich und scheint sich nun nicht mehr weiter zu vermehren, während dagegen die Frucht rasch zulegt. Bei der Geburt beträgt der Liquor Amnii ein bis zwei Zollpfunde; es erfüllt den Zweck, den Fötus vor mechanischen Insulten, namentlich aber die Nabelschnurgefässe vor mechanischem Druck zu bewahren.

Wir gehen unter Zugrundlegung von Fig. 76 auf eine Beschreibung der übrigen embryonalen Anhänge über.

Die Nabelblase d, auch Dotterblase genannt, ist der durch die Einschnürung ausserhalb der Leibeshöhle des Embryo zu liegen kommende, vom inneren Keimblatt umschlossene Dottertheil, welcher mit dem in der Leibeshöhle befindlichen nur noch durch den Ductus vitellointestinalis e in Verbindung steht. An den Wandungen der Nabelblase und ihres Stiels (e) entwickeln sich die omphalomeseraischen Gefässe, welche mit denen des Embryokörpers communiciren und mit den eigentlichen Nabelgefässen nicht verwechselt werden dürfen, da sie schon in der 7. Woche mit dem Kleinerwerden der Nabelblase verschwinden. Letztere ist nämlich nur ein vorübergehendes Organ, dessen Stiel sich immer länger auszieht, allmählig in einen feinen, soliden Strang verwandelt wird und nach dem dritten Monat ganz verschwindet, während die sehr verkleinerte Nabelblase selbst entweder gleichfalls zur Resorption kömmt, oder bisweilen bei der Niederkunft zwischen dem Placentatheil des Nabelstrangs und dem Amnionsack als rudimentäres Gebilde gefunden wird.

Allantois oder Harnsack (Fig. 76 l). Vom zehnten oder vierzehnten Tag an bis zu dem Moment, in welchem die Nabelblase deutlich sich abschnürt, sieht man aus dem innern und mittleren Keimblatt des Embryo gegen das Schwanzende hin eine gefässreiche Warze hervowachsen, die sich bald zu einer deutlichen Blase ausbildet. Ihre Entwicklung geht rasch von statten. Sie participirt an dem mehrberührten Einschnürungsprocess, wird dadurch in zwei lange mit einander communicirende Kammern geschieden, von denen die innere sich später in die anfangs mit dem unteren Darmabschnitt verbundene Harn-

blase umwandelt, die äussere aber die eigentliche, vom Epithel der Darmwand ausgekleidete Allantois herstellt; der sie verbindende Stiel heisst, so lange er offen ist, der Urachus. Die sehr zahlreich auf dem Harnsack vorhandenen Gefässe, die jetzt noch Allantoisgefässe heissen, werden später zum Nabelstrang. Bei ihrer raschen Vergrösserung gelangt die Allantois, welche sich mit einer von den Urnieren stammenden, aus viel Wasser mit etwas Eiweiss, den gewöhnlichen Blutsalzen, Zucker, Harnstoff und Allantoin bestehenden Flüssigkeit füllt, bald an das innere Blatt des Chorion *k*, breitet sich an demselben aus, verschmilzt mit ihm und trägt somit durch ihren Fundus zur Bildung des Chorion bei. Von besonderer Wichtigkeit erscheinen dabei die Gefässe der Allantois, welche an der Stelle, wo der Harnsack das Chorion erreicht hat (*np*), auf eine gewisse Ausdehnung in die Zoten des Chorions eingehen und diese, während die anderen atrophiren, zu stärkerer Ausbildung veranlasst. Diese Zoten sind es, welche die *Placenta foetalis* (Fruchtkuchen) herstellen und mit dem Mutterkuchen (*Placenta maternalis*) die S. 310 angeführte Verbindung eingehen. Die Allantois hat demnach die Bedeutung, den Embryonalkreislauf mit dem der Mutter in Contact zu bringen; ihre Gefässe sind jetzt zu denen der Nabelschnur geworden, und von nun an (ungefähr dem 40. Tage) obliterirt ihre Communication mit der Blase innerhalb des Nabelrings. Der hohle Stiel wird zum fibrösen Strang (Urachus), der nur in abnormen Fällen bei der Geburt noch permeabel gefunden wird und mit seinem peripherischen Ende zur Herstellung der Nabelnarbe beiträgt.

Die *Placenta foetalis* vergrössert sich mit dem Wachsthum der Frucht und vermehrt allmählig die Verbindungswege zwischen Mutter und Fötus. Um die Zeit der Geburt erscheint sie als ein schwammiger rundlicher Kuchen von 6—9'' Durchmesser und 0,5—1'' Dicke, dessen innere Fläche beim Ausstoss glatt, die äussere aber, welcher gewöhnlich Fragmente uteriner Gefässneubildungen anhaften, lappig und blutreich. Sie ist bei multiplen Schwangerschaften mehrfältig vorhanden.

Der Nabelstrang ist ein Gebilde, dessen Betrachtung sich direct an die der Allantois anschliesst. Hat diese durch Uebertragung ihrer Gefässe in die Zoten des Chorions den Grund zur Herstellung des Fruchtkuchens gelegt und ihre Rolle ausgespielt, so werden ihre Arterien, welche im Fötus von den *Arteriae iliacae* ausgehen, zu den Nabelarterien; ihre mehrfältigen Venen aber vereinigen sich zu einer einzigen, der Nabelvene, welche das durch Diffusion von dem Mutterkuchen in die Gefässanastomosen des Fruchtkuchens übergegangene Blut der Pfortader und unteren Hohlader zuführt. Die Nabelarterien sind bis zum Durchtritt durch die Nabelöffnung spiralig um die Vene aufgerollt. Zur Zeit der Entbindung hat der Nabelstrang eine Länge von ungefähr 20'' und eine Dicke von 0,5''; er wird vom Amnion umhüllt und besteht aus den erwähnten Nabelgefässen, den Rudimenten der Allantois und einer consistenten eiweiss-

stoffigen Bindemasse, der sogenannten Whartonschen Sulz; man hat in ihm auch Nerven wahrgenommen, während das Vorhandensein von Lymphgefässen als zweifelhaft erscheint.

Entwicklung der dem Embryo selbst angehörigen Organe.

Bei Betrachtung der Einzelnorgane, die im Embryo zur Entwicklung kommen, müssen wir, da sie fast durchweg eine gemischte Composition zeigen, auf das zurückverweisen, was S. 315 im allgemeinen über die Betheiligung der drei Keimblätter gesagt ist.

Cerebrospinalachse. Wir haben bereits aus den äusseren und mittleren Keimblättern die Wirbelsaite und das Medullarrohr mit dem Urwirbel entstehen sehen, die sich vorerst als zwei von der Wirbelsaite ausgegangene Halbkanäle darstellen (Fig. 75 uw), bald aber durch Querlinien in eine Anzahl von Urwirbeln sich theilen. Die Urwirbel senden nach der Rückenseite die Spinalfortsätze empor, während sie innen die Wirbelsaite umwachsen und im weiteren Verlauf sich in die Wirbelkörper umwandeln. Die Querfortsätze der Brustwirbel wuchern stärker in die Masse der Visceralplatten hinein und gliedern sich ab in eigentlichen Querfortsatz und Rippe. In den wahren Wirbeln beginnt die Verknöcherung in den Bögen (12. Woche) etwas früher als in den Körpern, während sich die falschen umgekehrt verhalten. Bei dem Neugeborenen ist das Steissbein noch knorplig. — Am Kopfende buchtet sich der Raum zwischen den Wirbelplatten zu drei blasenartigen Erweiterungen (die spätere Gehirnblasen) aus, die sich gegen die Keimblase hineinbiegen und in diesem Bug den Nackenbuck herstellen. In dem Kanal zwischen den Urwirbelplatten lagert sich, aus einer zelligen Grundsubstanz hervorgehend und vom Rand des Kanals nach innen bis zu einer ständig unausgefüllt bleibenden centralen Achsenröhre fortwachsend, die Nervensubstanz in der Richtung von unten nach oben ab. — Die vordere Gehirnblase, welche das stärkste Wachsthum zeigt, gliedert sich allmählig in die Hemisphären des grossen Gehirns, die seitlichen Ventrikel, die Sehhügel, das Corpus callosum und den Fornix. Diese schon zu Ende des ersten Monats beginnende Sonderung besteht schon deutlich im vierten, in welchem die Gyri sich zu bilden anfangen; im fünften sind die Vierhügel, im siebenten auch das kleine Gehirn durch die sich vergrössernden Hemisphären bedeckt. — Die mittlere Gehirnblase, ursprünglich die grösste, wächst viel langsamer als die beiden andern und zeigt erst gegen den sechsten Monat die Theilung in der Mittellinie, aus welcher die Vierhügel hervorgehen; der unterste Mitteltheil bleibt Kanal (Aquaeductus sylvii). — Die hintere Gehirnblase wird durch eine Einknickung in zwei Theile geschieden, von denen sich der vordere zum kleinen Gehirn, der hintere zum Pons und zum verlängerten Mark ausbildet. Das Kleinhirn erscheint im zweiten Monat als dünnes Markblatt; erst im fünf-

ten entstehen die Furchungen zur Lappenbildung, im siebenten die Windungen der Hemisphären und des Wurms. Mit dieser Entwicklung schreiten gleichmäßig die der strickförmigen Körper, der *Crura ad pontem* und der *Crura ad corpora quadrigemina* voran. Im vierten Monat ist der Markkern des Cerebellums gebildet, und seine sich mit den Strängen der Pyramiden- und Olivenkörper verbundenen Fasern stellen den Pons her. Im hintern Theil der dritten Gehirnblase (verlängerte Mark) geht die Ablagerung der Nervenmasse von unten nach oben, ohne einen vollständigen Abschluss herzustellen, so dass der *Calamus scriptorius* und die vierte Hirnhöhle unbedeckt bleiben. — Die Hirn- und Rückenmarkshäute entwickeln sich gleichzeitig mit dem Nervensystem und sind im Gehirn gegen den dritten Monat schon deutlich wahrzunehmen; die *Pia mater* erscheint zuerst (zu Ende der 8. Woche). — Die Schädelkapsel (Primordialschädel) ist anfangs eine knorpelige Masse mit Anhängen (Nasentheile, Visceralbogen), von denen einige (die Nasenknorpel) nie verknöchern. Die Schädelausbildung hält gleichen Schritt mit der der Wirbelkörper, und da sie in ihren ersten Anlagen drei Hauptcentren entspricht, so hat man die Kapsel selbst sich als aus drei Wirbeln, dem Hinterhauptwirbel, dem hinteren Keilbeinwirbel und dem vorderen Keilbeinwirbel zusammengesetzt gedacht. Die verschiedenen Knochen bilden sich im Lauf der Entwicklung und verschmelzen, wo sie nicht getrennt bleiben, mit denen, in welchen die Verknöcherung früher stattgefunden hat. Man hat früher einen Unterschied gemacht zwischen solchen Knochen des Schädels, die sich aus dem knorpligen Primordialschädel, und solchen, die sich aus bindegewebiger Substanz entwickeln (Dach- und Seitentheile), gemacht; seit aber durch Sharpney und H. Müller gezeigt wurde, dass auch die knorplich präformirten Knochen nie direct aus den Knorpeln, sondern wieder aus einer bindegewebigen Grundsubstanz hervorgehen, welche an die Stelle der der Aussaugung anheimfallenden Knorpelmasse tritt, so kann man diese Unterscheidung fallen lassen.

Das periphere und sympathische Nervensystem (dem motorisch germinativen Blatt entstammend), das schon beim zwölfwöchentlichen Fötus unterscheidbar wird, bildet sich an den Stellen, wo man seine einzelnen Partien findet.

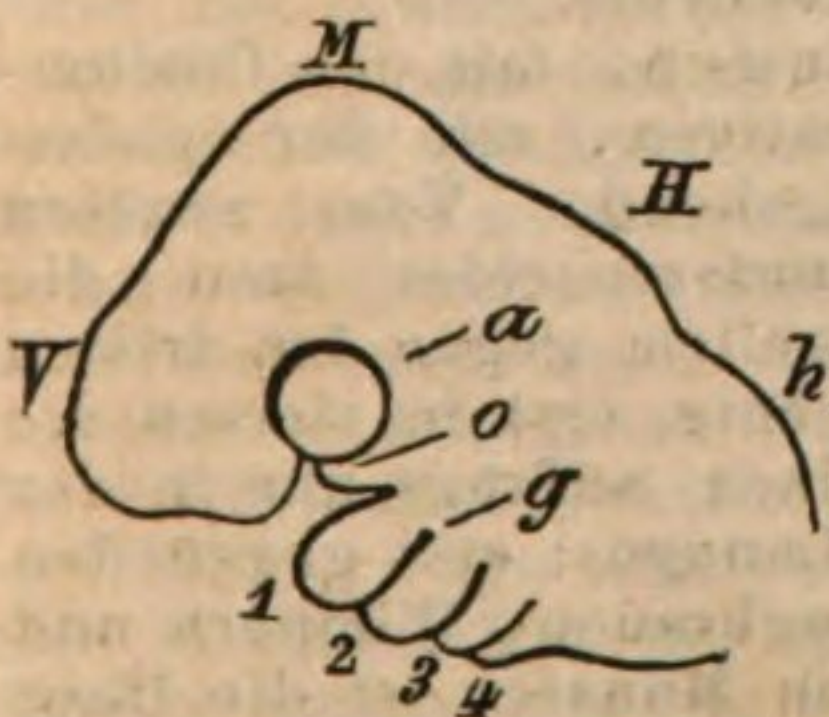
Das Auge entsteht beiderseits als eine hohle Ausstülpung an der ersten Gehirnblase, gegen die sie sich zu einem Stiel, dem künftigen Sehnerven, einschnürt. Während sich die Innenwand des Augenbläschens mit Nervenmasse belegt, geht gegen dasselbe auch eine Einstülpung von der Epidermialschicht vor sich und schnürt sich von derselben ab, so dass ihre Communication nach aussen aufhört. Diese neue Einstülpung wird zur Linsenkapsel, die sich mit der Bildungsmasse der Linsenfasern füllt; sie drängt die vordere Wand des ursprünglichen Augenbläschens gegen die hintere zurück und durch die Aufeinanderlagerung der beiden Blätter entsteht die Retina. Die anderen Theile des Auges entwickeln sich nun nach

innen und aussen aus dem benachbarten Blastem. Die Choroidea ist anfangs zusammenhängend und die Iris undurchbohrt; erst um die Zeit der Geburt verschwindet die gefässlos gewordene Partie, welche der Pupille entspricht (*Membrana pupillaris*). Die Augen sind bis zum Beginn des dritten Monats von der Haut bedeckt; jetzt verdünnt sich diese zur Conjunctiva, welche ihrerseits sich in einer doppelten Querfalte abhebt und damit die Lide herstellt, welche schon im 4. Monat den Augapfel bedecken und bis um die Zeit der Geburt mit ihren Rändern verklebt bleiben.

Das Gehörorgan. — Die Anlage desselben geht von einem kleinen Säckchen, der Labyrinthblase aus, die wir, analog der Linse, als eine abgeschnürte Einstülpung der äussern Haut oder vielmehr ihrer Epidermalschicht zu betrachten haben, indem der Gehörnerv selbstständig sich entwickelt und in Verbindung mit dem Nachhirn tritt. Das Labyrinthbläschen ist schon in der vierten Woche vorhanden; aus ihm heben sich allmählig die membranösen Theile des Labyrinths ab, die sich nachher mit den entsprechenden knöchernen Umhüllungen belegen. Gegen den dritten Monat unterscheidet man bereits die halbzirkelförmigen Kanäle und die Schnecke, desgleichen die Rudimente des mittleren Ohrs und der Ohrmuschel. Die Entwicklung dieser letzteren Partien spielt in die der verschiedenen Gesichtstheile hinüber.

Kiemenbogen und Kiemenspalten. — Wir haben S. 315 neben den Urwirbelplatten (Fig. 75 uw) nach Abhebung der Platte hp für das Amnion die tiefer gelegene Schichte df des mittlern Keimblatts mit ihrem vom inneren Blatt stammenden Beleg unberücksichtigt gelassen; sie umschliesst im Verlauf ihrer Entwicklung die ganze Leibeshöhle bis auf die Nabelöffnung; im Gesichtstheil des Embryo aber ist diese Verschlüssung keine vollständige, indem jene Schichte sich beiderseits in vier Lappen theilt, die gegen die Keimblase hin sich entwickeln und unter Uebriglassung von eben so vielen Spalten, der sogenannten Visceralspalten, die Visceral- oder Kiemenbogen bilden. Die letztere Bezeichnung

Fig. 77.



gründet sich auf den Umstand, dass diese Gebilde und die an sie gehenden Gefässbogen in mancher Beziehung an die Fischkiemen erinnern, obschon sie mit der Respirations-thätigkeit nichts zu schaffen haben. (Zur Veranschaulichung diene die schematische Fig. 77, in welcher die grossen Buchstaben die vordere, mittlere und hintere Hirnblase, h den

Nackenhöcker, a das Auge, o den Oberkieferlappen, g die Ohrengrube, die Zahlen 1—4 aber die entsprechenden Kiemenbogen bezeichnen.) Der erste Kiemenspalt bildet anfangs eine Art Cloake, welche für

Mund- und Nasenhöhle bestimmt ist, bald aber durch die Entstehung der Nasenscheidewand und die Ausbildung der Oberkieferlappen, mit welcher der Zwischenkiefer schon im Anfang des dritten Monats verschmilzt, diese Höhlungen sondert. Aus dem zweiten Spalt wird durch das Verschmelzen der ihn begrenzenden Bogen die Paukenhöhle und der äussere Gehörgang hergestellt, während der Raum zwischen den übrigen Bogen im Verlauf der weiteren Entwicklung spurlos verschwindet. — Aus dem ersten Kiemenbogen, dessen Oberkieferansatz wir bereits berührt haben, entstehen Unterkiefer, Zunge, Ambos, Hammer und Meckelscher Fortsatz, der bis zur Mittellinie des künftigen Unterkiefers geht, mit dem Hammer sich verbindet und nach und nach verödet. Hammer und Ambos wuchern an der Innenfläche des ersten Kiemenbogens hervor. Aus dem zweiten Bogen entsteht der Steigbügel und das kleine Zungenbeinhorn, aus dem dritten der Körper, das grosse Horn des Zungenbeins, Giessbeckenknorpel und Kehldeckel; der vierte verschwindet.

Das übrige Skelett und die Muskeln. — Wenn durch die Krümmung des Embryo Brust- und Bauchhöhle hergestellt und der Nabel gebildet ist, so sieht man gegen die sechste Woche hin 'unter dem Blastem des äusseren Keimblatts, den Seitenplatten des motorisch germinativen Blatts entstammend (Fig. 75 df), die Rippenlinien und die vielgetheilten Stücke der Brustbeinplatte auftreten. In gleicher Weise bildet sich der Beckenring. Schon zu Ende des ersten Monats sprossen die Gliedmassen zu beiden Seiten des Rumpfs als kleine Höcker hervor, in welchen sich bereits die schaufelförmigen Endstücke als Hand und Fuss unterscheiden lassen. In der sechsten Woche zeigt sich die Einkerbung für die späteren Finger und Zehen; auch bemerkt man jetzt die knorpelige Inlage, die sich im Verlauf zu den Knochen ausbildet. An der oberen Extremität geht die Entwicklung rascher von statten, als an der untern. — Die Muskeln sind gegen die achte Woche hin unterscheidbar; sie entstehen aus dem Blastem des mittleren Keimblatts an den Stellen, wo man sie findet, zuerst die der Wirbelsäule, später die des Halses, die des Bauchs und der Glieder und endlich die des Gesichts.

Allgemeine Bedeckungen, mit der Coriumschicht von motorisch germinativen, mit der epidermalen vom Hornblatt ausgehend. Vom zweiten Schwangerschaftsmonat an unterscheidet man die platten polygonalen Epidermiszellen, gegen den dritten die Hautdrüsen und Nägelrudimente, erst im vierten die Cutispapillen. Haare erscheinen anfangs nur in der Form eines wolligen Flaums (Lanugo); erst gegen den siebenten Monat hin treten Augbrauen, Wimpern und Kopfhaare auf. In den letzten Monaten ist die Haut mit dem Vernix caseosa bedeckt, einem käsigen Ueberzug, der aus Balgdrüsenzellen, Fetttröpfchen und Epidermisschüppchen besteht.

Die Organe der Leibeshöhle.

Darm. — Er ist ursprünglich die ganze, vom Darmblatt umschlossene innere Leibeshöhle und bis zur Bildung des Nabels von der Dotterblase durch eine Längsspalte getrennt; nach der Nabelbildung erscheint er als ein gegen Kopf- und Schwanzende hin blind auslaufender geradliniger Kanal, der nur noch mit der Nabelblase und der Allantois communicirt. In der vierten Woche wird er da, wo er noch mit dem bald obliterirenden Nabelblasenstiel zusammenhängt, knieförmig gegen die Nabelöffnung hingezogen; die über der Knickung befindliche Partie wird zum Dünndarm, die untere mit Ausnahme einer kleinen noch dem Dünndarm angehörigen Strecke zum Dickdarm. Das vordere blinde Ende fällt in die Gegend der künftigen Cardia des Magens, das hintere in die der Mastdarmmitte. Mundhöhle, Schlund, Speiseröhre und der Aftertheil des Mastdarms werden erst später gebildet und verbinden sich mit den blinden Darmenden. Der Magen entsteht durch eine bauchige Auftreibung des vorderen Darmabschnitts und legt sich erst später quer; das übrige Darmrohr verlängert sich allmählig und bildet immer zahlreichere Windungen. Da der Urdarm anfangs durch das Blastem des mittleren Blatts mit der Wirbelsäule verklebt war, so erklärt sich aus den späteren Drehungen und Windungen des Kanals, wie auch aus dem Auftreten drüsiger Eingeweide die Entstehung des Gekröses und der Netze. Am inneren Darmbeleg entstehen die entsprechenden Drüsen. Auch die Zähne bilden sich aus dem Drüsenblatt, indem die untersten Epithellagen Fortsätze in den Papillarkörper der Schleimhaut entsenden, wo sie sich zu Säckchen abschliessen.

Die Leber entsteht früh aus zwei hohlen Zapfen des Darmepithels, das zahlreiche solide cylindrische Aeste aussendet; letztere verbinden sich netzförmig untereinander und verdicken sich später zu soliden Zellenmassen, den Leberläppchen, in welchen es schliesslich zur Kanalisierung (Herstellung der Gallengänge) kömmt. Das Organ ist schon zu Ende des zweiten Monats verhältnissmässig sehr gross und beginnt im dritten Monat seine Functionirung, deren Product bei der Geburt in ansehnlicher Menge einen Bestandtheil des Darminhalts (*Meconium*) ausmacht, obschon darin nach Lehmann noch der Gallenfarbstoff und die Gallensäuren fehlen. Der Umstand, dass um diese Zeit sich auch die Bestandtheile der *Vernix caseosa* im Kindspech finden, liefert den Beweis, dass der Fötus Amnionwasser verschluckt.

Milz. — Sie entsteht am Ende des zweiten Monats in der Nähe der grossen Magencurvatur. Um dieselbe Zeit entwickeln sich auch Schilddrüse und Thymus aus Ausstülpungen vom Darmrohr, die sich aber bald von demselben abschnüren.

Lungen. — An der Vorderwand der Speiseröhre entstehen zwei hohle Ausstülpungen, die immer zahlreichere Ausläufer (*Bronchialramificationen*) treiben;

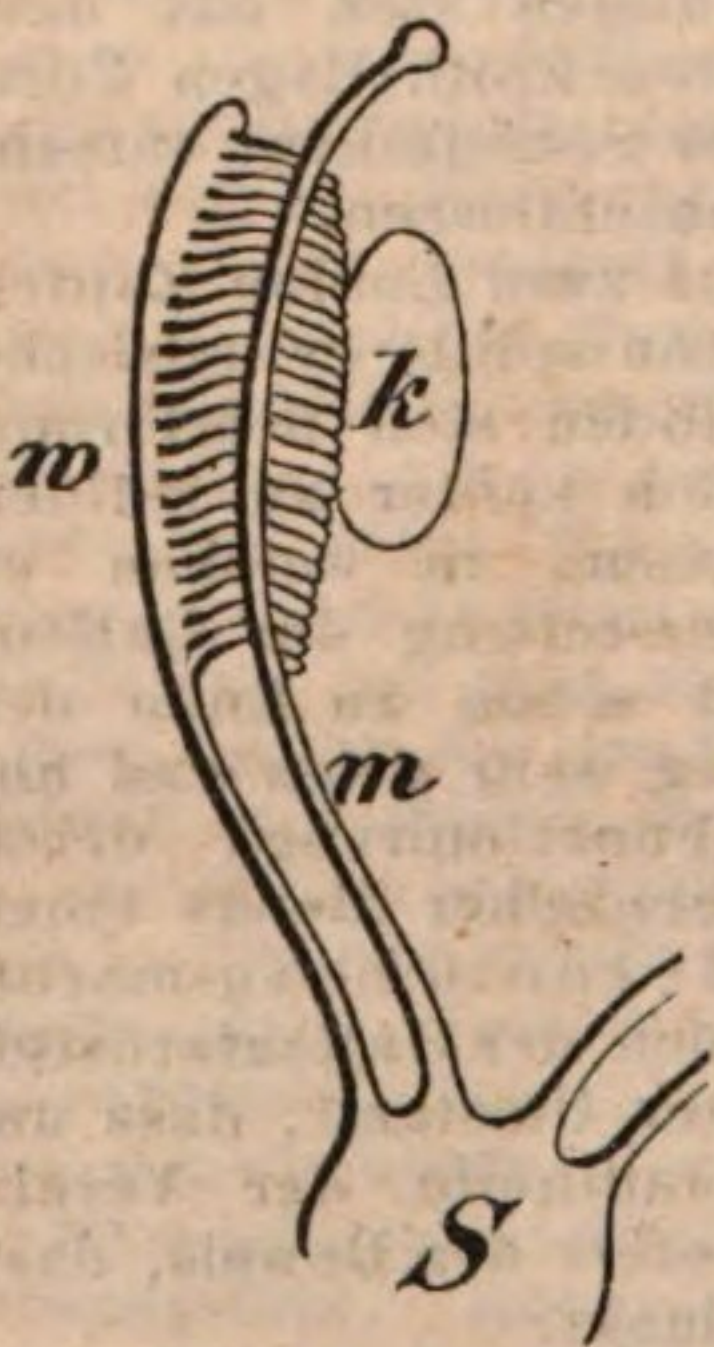
die Luftröhre bildet sich dadurch, dass ein Stück der Oesophaguswand nachgezogen wird.

Die Harnblase bildet sich aus dem in der Bauchhöhle zurückgebliebenen Theil der Allantois, dessen dem Nabel zugekehrtes Ende zum Urachus oblitterirt. Die Partie, welche zur Blase wird, steht im Anfang noch mit der Darmhöhle in Verbindung (Cloake), wird aber bald von dieser durch das Mittelfleisch geschieden und stellt nunmehr den gemeinschaftlichen Ausführungsgang des Urogenitalsystems (Sinus urogenitalis) dar, dessen weiteres Schicksal wir bei den Geschlechtsorganen besprechen werden.

Die Nieren entstehen nach Remak aus einer Cloakenausstülpung, die sich beiderseits zum Kanal (Harnleiter) auszieht und an ihrem hinter den Primordialnieren gelegenen Ende zum Nierenbecken und den Nierenkelchen erweitert; aus letzteren sprossen büschelförmig die anfangs soliden Harnkanälchen hervor.

Wolffsche Körper oder Primordialnieren. — Sie sind die ersten Anlagen des Geschlechtssystems, welche sich anfangs bei beiden Geschlechtern ganz gleich verhalten, und dürfen mit den eigentlichen Nieren nicht verwechselt werden, da sie nur vor dem Entstehen der letzteren eine denselben analoge Function verrichten und Secrete (Harnsäure) nach der Allantois entsenden. Ihre Entstehung fällt in eine sehr frühe Periode, denn man findet die Spuren ihres Verlaufs schon an der Aussenseite der Urwirbel (Fig. 75 un),

Fig. 78.



von wo aus sie bei der Krümmung des Embryos an die untere Seite der Wirbelsäule rücken. Jedes dieser verhältnissmässig sehr grossen Organe (sie reichen vom Herzen bis zum Schwanzende) besteht aus einem langen Gang, der in die Cloake, später den Sinus urogenitalis (Fig. 78 S) ausmündet und in seinem vorderen Ende mit einer Anzahl kammartig gestellten sehr gefässreichen, mit Flimmerepithel ausgekleideten Blinddärmchen versehen ist (w). In der sechsten Woche sieht man an der Innenseite und etwas hinter dem Wolffschen Körper die Keimdrüsen (k) auftreten, die jetzt noch keine Geschlechtsdifferenz zeigen, später aber zu Hoden oder

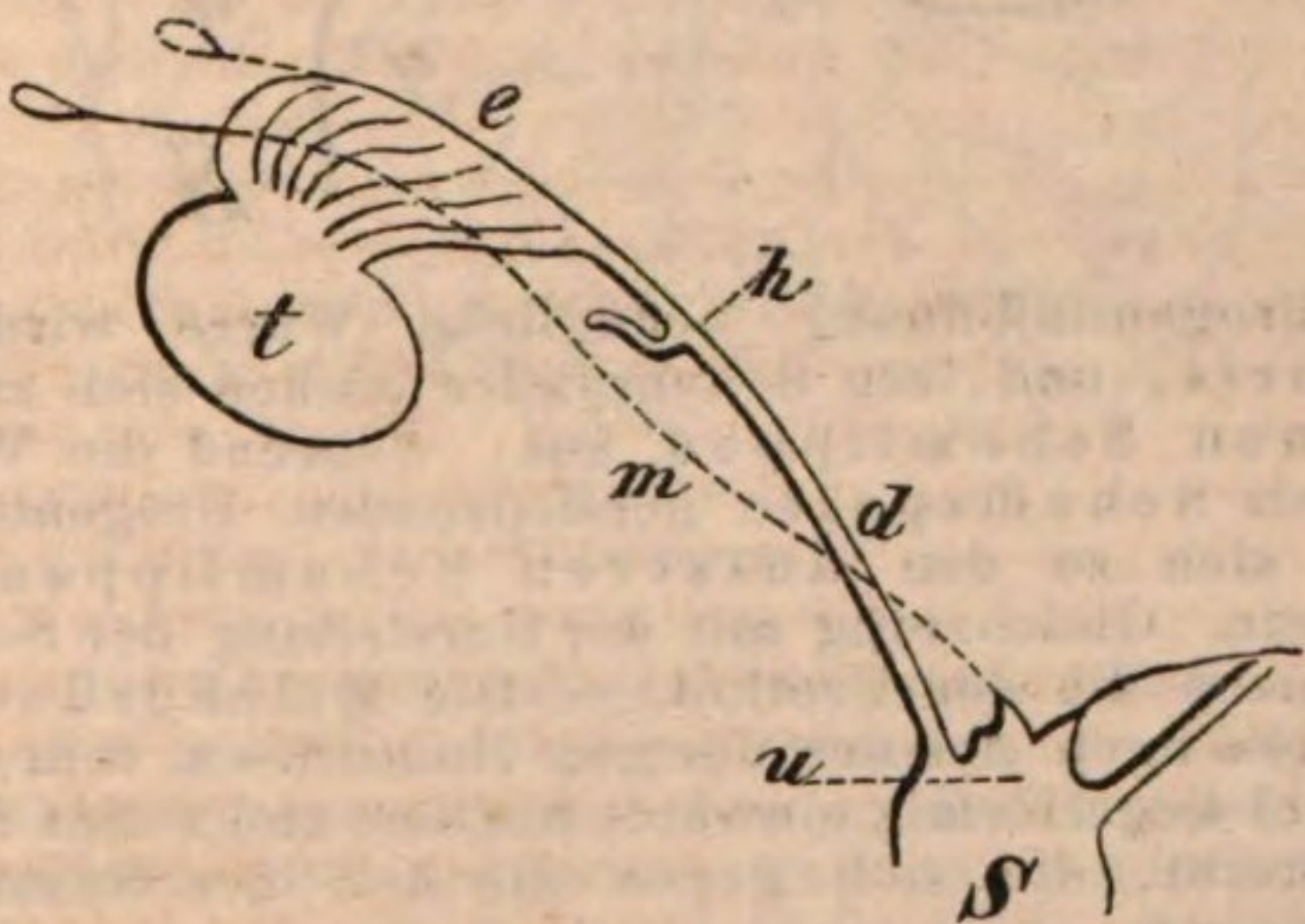
Eierstöcken sich umwandeln. Gleichzeitig bilden sich die Müllerschen Gänge (m), zwei Kanäle, die gleichfalls in den Sinus urogenitalis ausmünden und nach vorn blind endigen.

Wir sind jetzt in der Lage, auf die weitere Entwicklung des Geschlechts überzugehen.

Männliche Geschlechtsorgane. — Die Keimdrüse (Fig. 79) wird zum Hoden (t); die Blinddärme

des Wolffschen Körpers, die in ihrer oberen Partie obliteriren, verbinden die mittlere (e) mit dem Hoden und stellen den Kopf des Nebenhoden her, während die untere gleichfalls verschwindet bis auf eine kleine Portion, die sich zu den Vasa aberrantia Halleri umwandelt. Der Ausführungsgang (d) wird durch Weiterwachsung und Schlängelung Kanal des Nebenhoden und in seinem unteren Stück Vas deferens, das anfangs noch in den Sinus urogenitalis mündet, bis dessen untere Partie sich zum Anfangstheil der Harnröhre umwandelt und die Harnblase sich als solche constituirt. Schon um die Zeit der Scheidung in Darm und Urogenitalsinus S war die Anlage zum Penis (respective zur

Fig. 79.

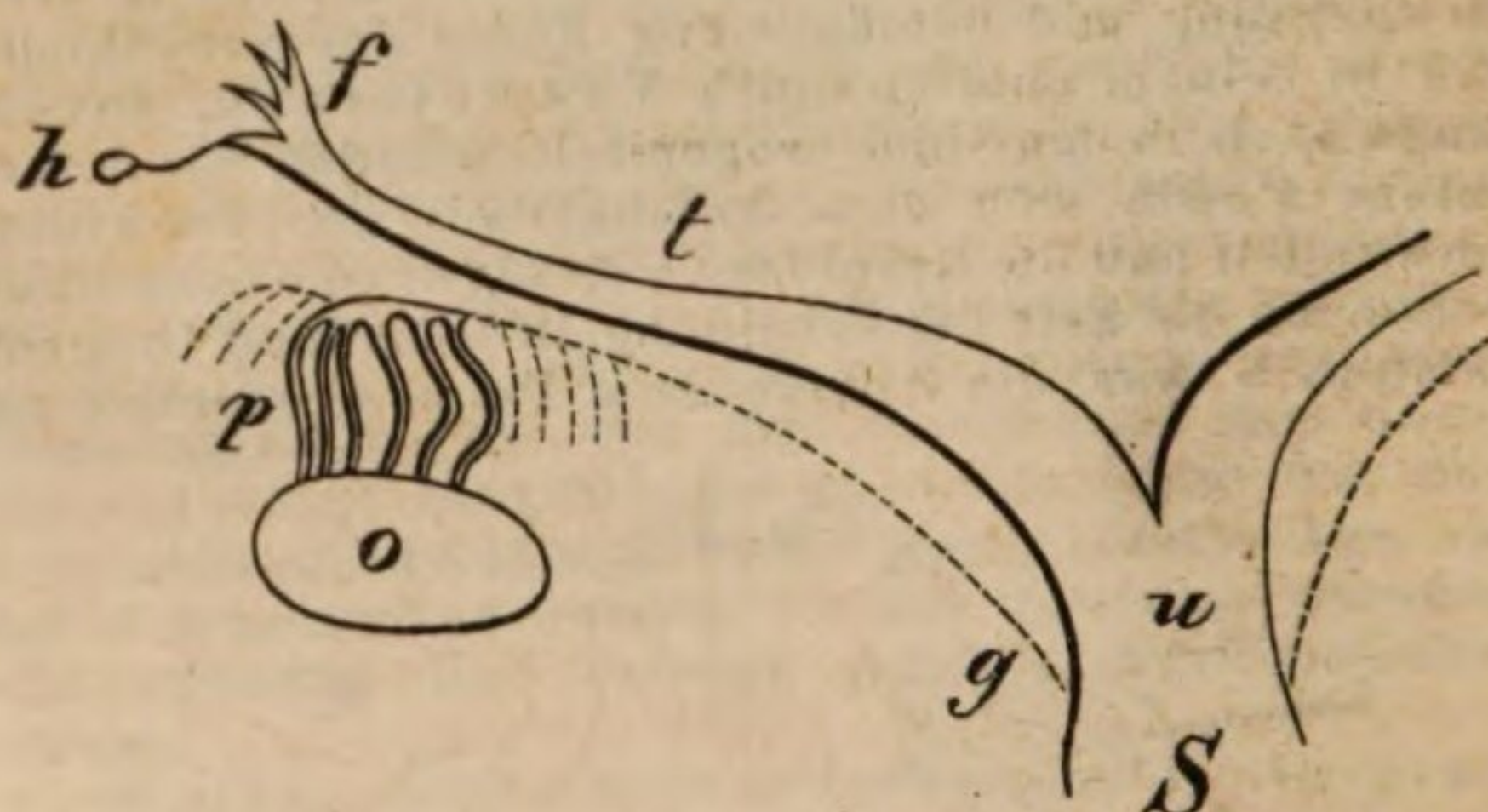


Clitoris) in der Form eines vor der Urogenitalsinus gelegenen Wärzchens gegeben, das im Verlauf mehr und mehr hervortritt und bei der männlichen Frucht die Ruthe herstellt. Die wulstigen Lippen der Urogenitalöffnung schwellen an und verwachsen endlich in der Raphe, den Hodensack darstellend, in welchem später (bisweilen erst nach der Geburt) die sich senkenden Testes, eine Bauchfellduplicatur (Hunterisches Leitband) nachziehend, eintreten. Prostata und Samenbläschen bilden sich aus Ausstülpungen der Urethra. Der Müllersche Gang (m) obliterirt fast vollständig; nur sein vorderes Endkölbchen nebst einem fadenförmigen Anhang erhält sich als morgagnische Hydatide des Nebenhodens, während das untere Ende sich mit dem der anderen Seite zu der unständigen Vesicula prostatica (u), ein Analogon des Uterus, vereinigt.

Weibliche Geschlechtsorgane. — Die Keimdrüse wird allmählig zum Ovarium (Fig. 80 o), und es bildet sich die Anlage zu den Graafschen Bläschen. Einige benachbarte Wolffsche Blinddärmchen verbinden sich mit dem Ovarium und stellen in Fledermausflügel das Rosenmüllersche Organ (p) (Parovarium, ein Analogon des Nebenhoden) her; die übrigen wie auch der Ausführungsgang (g) atrophiren. Der Müllersche Gang dagegen bildet mit seiner vorderen Partie die Tuba (t), an deren Trichter (f) ein hydati-

denartiges Körperchen (h) haften bleibt; unten wächst er mit dem der anderen Seite zusammen (u) und stellt schliesslich den Uterus und die Scheide her. Die vor

Fig. 80.



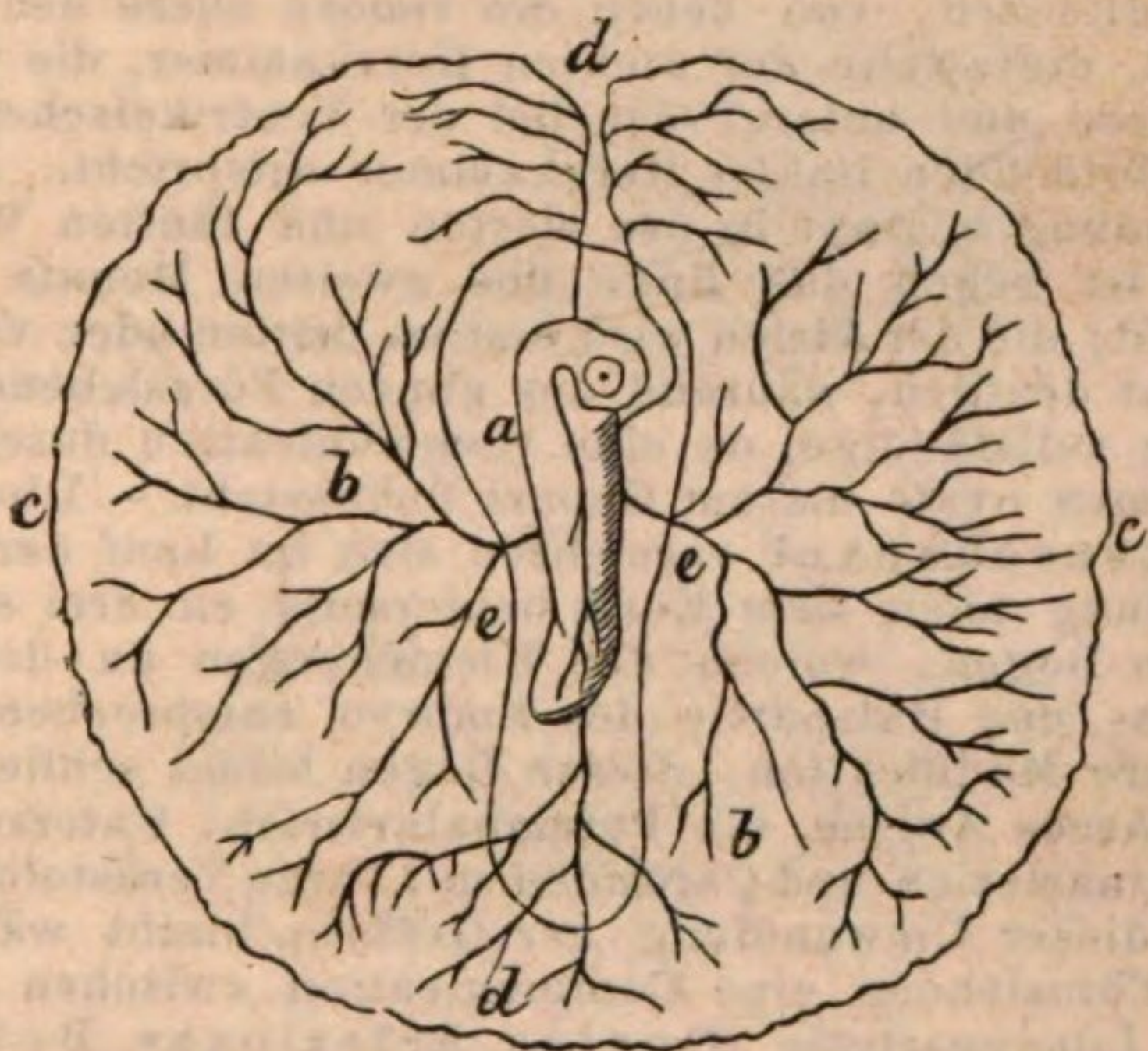
der Urogenitalöffnung befindliche Warze wird zur Clitoris, und ihre Seitenränder ziehen sich zu den kleinen Schamlippen aus, während die Wülste der als Schamspalte persistirenden Urogenitalöffnung sich zu den äusseren Schamlippen umwandeln. Gleichzeitig mit der Herstellung der Scheide geschieht die der Urethra. — Die Milchdrüse bildet sich nach Art der übrigen Hautdrüsen, indem das Epithel kegelförmig einwärts wuchert und solide Sprossen treibt, die sich gegen die Zeit der Geburt hin canalisiren.

Fötaler Kreislauf.

Erster Kreislauf. — Die ersten Phasen der Blut- und Gefässbildung lassen sich in ihrem Zusammenhang nur am Vogelei studiren, und es ist für diesen Zweck vorzugsweise das Hühnerei benützt worden. Man sieht hier zwischen dem äusseren und inneren Keimblatt eine kernige Substanz entstehen, deren Elemente sich in Streifen ordnen. Ein solcher Streifen scheidet sich dann in feste Wandung, das künftige Gefäss, und flüssigen Inhalt, der wieder in Blutwasser und sich röthende Blutkörperchen zerfällt. Indem die einzelnen Blutstreifen sich in Bewegung setzen, verbinden sie sich zu einem zusammenhängenden Strom. Die ersten Blutgefässe erscheinen schon am zweiten Tage der Bebrütung an der äusseren Fläche der Dotterblase, wo sie in einen rothen Randring, den Sinus terminalis, übergehen (Fig. 81 e). An dem Theil des weit über den Embryo hinausragenden Gefässhofs b b, welcher dem Kopfende des Embryo entspricht, theilt sich der Sinus in zwei Gefässe, welche sich zum Embryo a begeben, während zugleich an anderen Stellen der Sinus Ausläufer nach diesen entsendet (Venae omphalomeseraicae d d); aber auch aus dem Embryo kommen Gefässe heraus, welche sich mit denen zur Zeit des Ausschlüpfens des Gefäss-

hofs in Verbindung setzen (*Arteriae omphalomeseraicae* ee). Diese Gefässe setzen sich in Verbindung mit dem Propulsionsorgan, das gleichzeitig

Fig. 81.



in der Kopfnähe als solide Zellenmasse entsteht, dann aber wie die Gefässstreifen in einen geraden, mit Blutkörperchen und Blutwasser gefüllten Schlauch sich umwandelt. Die arteriellen Gefässe vereinigen sich nun zu einem mit dem vorderen Ende des Herzens in Zusammenhang tretenden *Truncus arteriosus*, der sich in zwei Schenkel theilt (Fig. 75 ao gibt die Lumina derselben); doch treten letztere bald wieder zu einer kurzen einfachen Aorta zusammen, welche an die vorderen Theile des Embryo Gefässe (die sogenannten vorderen Wirbelarterien) abgibt, dann aber sich in zwei längs der Wirbelsäule verlaufende Aeste, die späteren *Arteriae iliacae communes* spaltet und durch die *Arteriae omphalomeseraicae*, welche im Verlauf bis auf eine schwinden, die Dotterblase mit einem Gefässnetz überziehen. Das aus der Dotterblase zurückkehrende Blut, welches dem Embryo resorbirte Bestandtheile der Dottermasse zuführt, sammelt sich in zwei kurze Aeste (*Venae omphalomeseraicae*), um vermittelst eines noch kürzeren Stamms (*Truncus venosus communis*) sich mit dem hinteren Herzende zu verbinden. — Diese Art des Blutlaufs (Dotterkreislauf), welcher vornämlich auf die extraembryonalen Partien berechnet ist, erhält sich im Vogelei bis zum Auskriechen des Thiers, da erst um diese Zeit der Inhalt der Nabelblase völlig absorbirt ist, tritt aber beim Menschen schon früher in den Hintergrund, so dass er schon in der fünften Entwicklungswoche beträchtlich verkümmert erscheint.

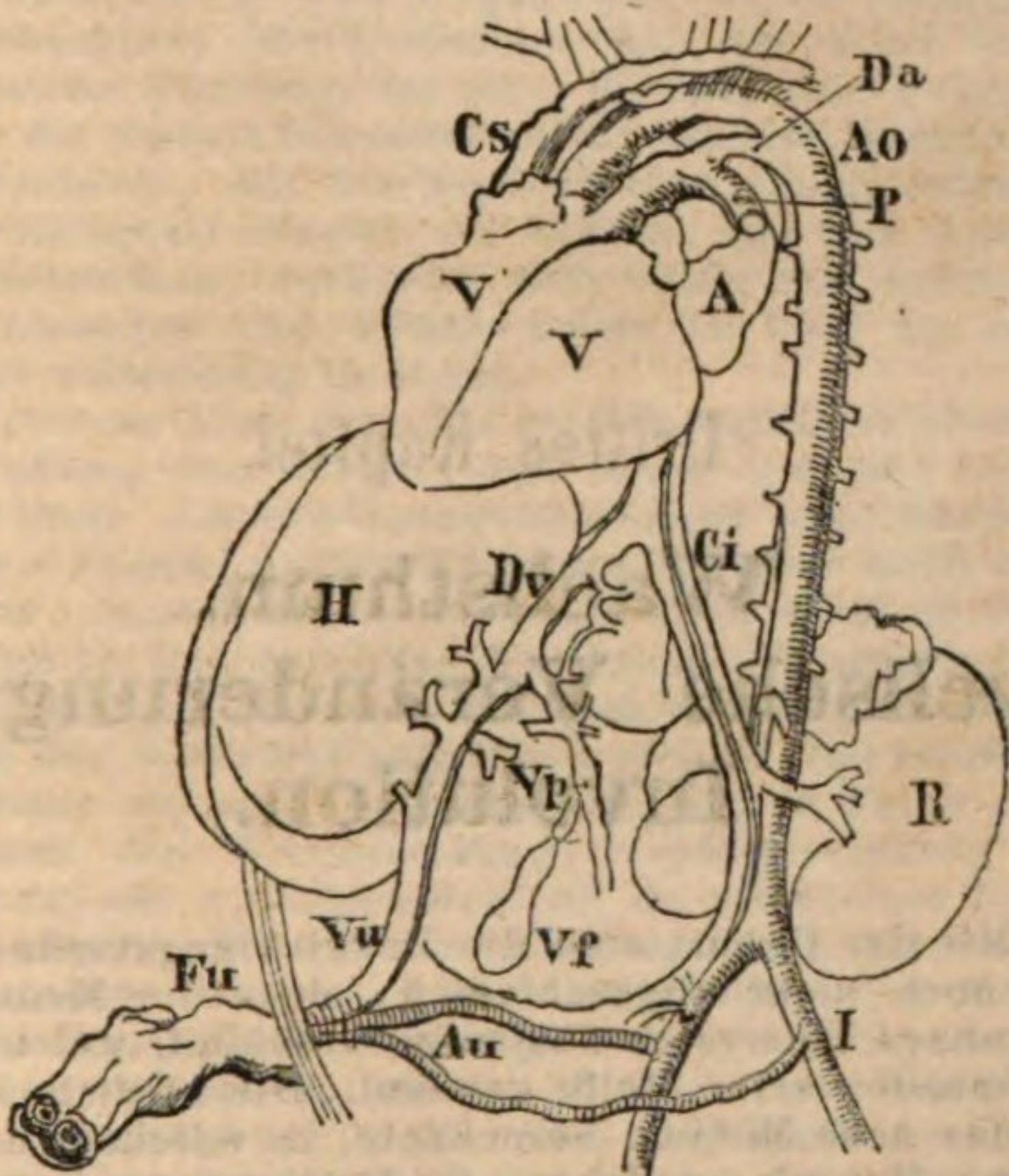
Weitere Entwicklung des Herzens und der Blutgefässe. — Sie geht gleichmässig mit der des ersten Kreislaufs vor sich. Der gerade Schlauch, an dessen vorderem Ende wir den *Truncus aorticus*,

am hinteren den Truncus venosus bemerkt haben, gewinnt durch Aufwärtsbiegung des letzteren eine S förmige Gestalt; die obere Partie, welche die Arterien liefert, wird zur unteren, und die untere, welche die Arterien aufnimmt, zur oberen. Bald sieht man den Schlauch durch 2 Einschnürungen in 3 Abtheilungen sich gliedern, von denen die venöse obere den Vorhöfen, die zweite der rechten Herzkammer, die dritte (vordere und untere) der bei der Ventrikelscheidung sich bildenden linken Herzkammer entspricht. Diese Scheidung beginnt in der vierten und fünften Woche und ist gegen das Ende des zweiten Monats vollbracht; die der Atrien wird erst im dritten oder vierten Monat deutlich, während des ganzen Fötuslebens aber keine vollständige, da eine Communication durch das Foramen ovale bis zur Geburt fortbesteht. — Die zwei Aortenschenkel vermehren sich im Lauf der Entwicklung nach dem Kopf beiderseits zu drei secundären Bogen, welche den Kiemenbogen an der Gesicht- und Halspartie des Embryo entsprechen; die weitere Modification, dieser Bogen bildet schliesslich den Arcus Aortae, die Pulmonalarterien, Unterschlüsselbeinarterien und Carotiden mit ihren Verästelungen. Bei dieser Umwandlung der Gefässe bleibt während des Fötuslebens eine Communication zwischen Aorta und Lungenarterie (Ductus arteriosus Botalli) bestehen. — Von den Venen sind anfangs 4 sogenannte Cardinalvenen vorhanden, die sich jedoch bald auf die untere und obere Hohlader beschränken.

Zweiter oder Sabatierscher Fötalkreislauf. — Er entwickelt sich in dem Mass, in welchem der Dotterkreislauf zurücktritt, wird durch die Allantois (cfr. S. 317) eingeleitet und bleibt während des ganzen Fruchtlebens bestehen. Seine Hauptbedeutung beruht auf der Zuführung arteriösen Bluts, das im Vogelei durch den Contact der Endgefässe mit der porösen und für die Luft permeablen Eischale gebildet, bei den Säugethieren durch Diffusion aus dem mütterlichen Organismus aufgenommen wird, da in der Fötalperiode die Lungenthätigkeit fehlt. Fig. 82 gibt eine schematische Ansicht dieser Einrichtung. Die Nabelvene (Vu) hat die Aufgabe, das arterisirte Blut aus dem Mutterkuchen der Frucht zuzuführen, und leitet dasselbe zum Theil mittelbar durch die Pfortader (Vp) und die Leber (H), zum Theil unmittelbar durch den Ductus venosus Arantii (Dv) zur unteren Hohlader (Ci) und zum rechten Vorhof. In diesem Herztheil treffen also das arteriöse Blut der Nabelvene und das venöse der Hohladern zusammen. Von hier aus gelangt das Gemeng meist durch das eiförmige Loch in das linke Atrium und wird sofort durch die linke Kammer V in die Aorta und ihre Zweige getrieben. Ein Theil, namentlich das von der oberen Hohlader (Cs) herbeigeführte Blut hat mehr die Tendenz, in den rechten Ventrikel einzugehen, als mit dem Placentablut nach dem linken Vorhof zu entweichen; die rechte Kammer (V') treibt es in die Lungenarterie (P), welche es durch den Ductus Botalli (Da) dem Aortenbogen (AO) übermittelt. Im weiteren Verlauf, nach Theilung der Aorta, geben die Arteriae

iliacae (I) je eine Arteria umbilicalis (Au) ab, welche das Blut wieder der Placenta zum Austausch gegen erfrischtes Blut zuführen. Man ersieht daraus, dass

Fig. 82.



das Fötus Herz zur Ernährung der Körpertheile kein reines arterielles Blut in Circulation setzt; doch ist das dem Kopf und den obern Extremitäten zugehende reicher an Sauerstoff, als das andere, weil der Ductus Botalli erst einmündet, nachdem die Aorta ihre Carotiden und Subclavien bereits abgegeben hat. Das Blut dagegen, welches die unteren Extremitäten ernähren soll, ist nicht sauerstoffreicher, als dasjenige, welches zum Zweck der Erneuerung in den Nabelarterien zurückkehrt, und man erkennt darin einen Grund der viel schwächeren Entwicklung der Unterlieder. Ist der Mensch geboren und mit der Respiration der endgiltige Kreislauf eingeleitet, so obliterirt die Nabelvene zum runden Leberband; die aranzischen und botallischen Gänge werden zu fibrösen Strängen, und das eiförmige Loch schliesst sich.

Drittes Kapitel.

Wachsthum. Cyclische Veränderungen. Involution.

Mit der Geburt sind die Entwicklungsveränderungen noch nicht abgeschlossen, denn der Mensch ist im ganzen Thierreich dasjenige Geschöpf, welches am langsamsten seine Reife gewinnt. Die nächste ist die auf das neue Medium berechnete, in welchem der geborene Mensch zu leben die Bestimmung hat. Das Athemspiel beginnt, sobald die bisher tropfbar flüssige Umgebung mit der elastisch flüssigen der Atmosphäre vertauscht ist, und kann fortan selbst für kürzere Zeiträume nur mit der grössten Lebensgefahr unterdrückt werden. Das erste Athmen dürfte als eine Reflexbewegung zu betrachten sein, welche durch die Einwirkung der kälteren Luft auf die Haut inducirt wird (S. 97). Das durch die Scheidenspalte hervorgetretene Kind begleitet in der Regel seine ersten Respirationsbewegungen mit Schreien. Hat eine gewisse Zahl von Athemzügen den Lungenkreislauf in Ordnung gebracht, so hört der Placentalkreislauf von selbst auf, und der Puls der Nabelarterien verliert sich. Man kann dann die Nabelschnur unterbinden und durchschneiden; wollte man dies thun, ehe die Luftathmung hergestellt ist, so könnte man den asphyctischen Tod des Kindes verschulden. — Die nächste Folge der Athmungsbewegungen ist, dass der Blutstrom nach der Lunge hin ein viel mächtigerer wird. Der Inhalt des Ductus arteriosus Botalli gerinnt und das Gefäss selbst obliterirt zu einem fibrösen Strang. Im Lauf der nächsten drei oder vier Tage schliessen sich auch das eirunde Loch und der Ductus venosus Arantii, und der endgiltige Kreislauf ist hergestellt. Zu gleicher Zeit beginnt das dem Kind anhaftende Stück Nabelschnur zu vertrocknen; es fällt am 4. bis 6. Tage ab, und die Vernarbung des Nabels ist beendet.

Das neugeborene Kind, das im Durchschnitt ein Gewicht von 6 Pfunden hat, zeigt in Folge der Pig-

mentlosigkeit der Epidermis, durch welche die Gefässe der Lederhaut durchscheinen, ein röthliches Aussehen. Dies ist bei allen Rassen der Fall, auch beim Negerkind, das nur um den Nabel her, an den Brustwarzen und am Scrotum eine schwärzliche Färbung zeigt. Die Ausscheidung des Pigments in die malpigsche Schleimschicht (die Lederhaut hat bei allen Rassen die gleiche Färbung) ist ohne Zweifel eine Folge der durch die directe Sauerstoffzufuhr erhöhte Energie des Stoffwechsels, mit der zugleich eine Modification der Leberthätigkeit eintritt; sie beginnt mit dem Ausstoss des Meconiums, verbindet sich häufig mit icterischen Erscheinungen und kömmt schon im Lauf der ersten Woche vollständig in Gang.

Bei dem Kind handelt es sich zunächst bloss um Entwicklung des Körpers und seiner Organe, zu welchem Ende die Ernährungsfunctionen eine besondere Energie zeigen, andere Thätigkeiten aber noch ruhen bleiben, indem das neugeborene Kind seine 20 bis 23 Stunden im Tag schläft und während des ganzen ersten Jahrs nicht unter 12—15 Stunden zurückgeht. Respiration und Kreislauf vollziehen sich in viel rascherem Rhythmus als beim Erwachsenen, und in Folge davon ist auch die Wärmebildung verhältnissmässig eine stärkere, ein wichtiges Moment, da ein kleiner Körper viel schneller Wärme ausstrahlt und sich abkühlt, als ein grosser, obschon es nicht ausreicht, dem Bedürfniss zu entsprechen, und die Vorsorge geeigneter Bekleidung besonders nöthig macht. Das Wachsthum geht so rasch vor sich, dass der kindliche Körper häufig schon nach Ablauf des dritten Jahrs die Hälfte seiner spätern Höhe erreicht hat, während zur Erlangung der andern Hälfte 15 bis 18 Jahre nöthig sind. Diese Entwicklung trifft indess nicht gleichmässig den ganzen Körper, sondern vornämlich diejenigen Partien, welche bei der Uterinärentwicklung am weitesten zurückgeblieben sind (untere Extremitäten), während die bei der Geburt schon weit vorangeschrittenen Theile (z. B. der Kopf, Leber, Nieren) viel langsamer sich vergrössern und die Thymus sogar rückwärts schreitet. Die Ueberführung von Nahrungssäften durch den Darmkanal bedingt die allmählig eintretende völlige Querverlagerung des Magens und des Dickdarms. Die Blase senkt sich mit der Hüftknochenentwicklung in das Becken, und der Urin, welcher in der Periode des Säugens keinen Harnstoff enthält, wird mit zunehmendem Alter in immer grösseren Zwischenräumen entleert.

Allmählig erwachen die Sinne, zuerst der des Gehörs (Erschrecken bei ungewohnten Geräuschen), und der des Gesichts (Greifen nach lebhaft gefärbten Dingen, ob sie erreichbar sind oder nicht). Im zweiten Monat unterscheidet das Kind schon die Qualität seiner Nahrung. Geruch und Tastsinn zögern lange. Die Muskulatur erstarkt; zu Ende des 3. Monats trägt es bereits den Kopf, zu Ende des 4. kann es sitzen, lallen, im 9. am Boden kriechen, im 10. u. 11. Schritte machen, Laute articuliren. Das Unterscheiden umgebender Gegenstände tritt bald früher, bald später ein.

Das Zahnen beginnt gewöhnlich im 6. oder 7. Monat und macht gegen den 30. hin wieder einen

Stillstand. Es ist schon berührt worden, wie die Zähne sich ursprünglich anlegen. Nachdem sie gegen ein Jahr zu ihrer innern Entwicklung gebraucht haben, brechen die ersten im 6. oder 7. Lebensmonat durch. Zuerst kommen die oberen, dann die unteren inneren Schneidezähne, nach ihnen die äusseren, im 12. Monat die ersten Backenzähne, im 16. die Eckzähne und am Ende des 2. Jahrs die zweiten Backenzähne. Alle diese Zähne sind Wechselzähne (Milchzähne). Gegen das 7. Jahr haben in Höhlen der Kiefer sich allmählig die Kerne der ständigen Zähne entwickelt und die Wurzeln der Milchzähne zum Schwund gebracht; letztere fallen aus, und an ihre Stelle treten die neuen bleibenden Zähne. Die drei hintern Mahlzähne haben keine Milchzähne zu Vorgängern, sondern sind ursprünglich bleibende. Beim zweiten Zahnen treten die Zähne in folgender Ordnung auf. Die dritten Backenzähne im 6., die mittleren Schneidezähne im 7., die äusseren im 8., die ersten und zweiten Backenzähne im 9. u. 10., die Eckzähne im 11. u. 12., die vierten Backenzähne im 12. u. 13., die fünften Backenzähne oder Weisheitszähne im 17. bis 25. Jahr. Auch im Greisenalter kömmt bisweilen noch ein neues Zahnen vor; doch diese Zähne fallen bald wieder aus. — Mit dem Hervorbrechen der Zähne wird der junge Mensch mehr und mehr für die Einnahme fester Nahrung qualificirt, die vorher nur in Milch und halbflüssigen Speisen bestehen durfte. Man hat die Perioden von der Geburt bis zum Auftreten der ersten Zähne als Säuglings-, die von da ab bis zum Beginn des Zahnwechsels als Kindesalter bezeichnet. Die Zeit des weiteren Längenwachsthums bis zur Entwicklung der Pubertät nennt man das Knaben-, respective Mädchenalter, die bis zu Beendigung des Längenwuchses das des Jünglings, der Jungfrau. Von da an beginnt das Alter der Reife, auf welches bei den einen früher, bei den anderen später, beim Weib beginnend mit dem Aufhören des Regelflusses, beim Mann durchschnittlich mit dem 50. Lebensjahr, das der allmählichen Rückbildung folgt.

Die Pubertätsentwicklung beginnt beim Knaben gemeiniglich mit dem 15., bei den Mädchen der nördlichen gemässigten Zone mit dem 14. Jahr. Hoden und Penis werden grösser und die Geschlechtstheile behaaren sich, während zugleich die Bildung der Samenfäden ihren Anfang nimmt. Im weiteren Verlauf vergrössert sich der Kehlkopf, der Klang der Stimme ändert sich und der Bart beginnt zu spriessen. — Beim Mädchen nehmen Uterus und Ovarien an Umfang zu, die Graafschen Bläschen beginnen ihre periodische Entwicklung und der Regelfluss tritt ein.

Mit Vollendung des Längenwuchses ist die somatische Ausbildung noch nicht abgeschlossen. Das Knochengerüst erbreitert und festet sich. Beim Mann ist in der Regel mit dem 25., beim Weib schon früher das Gleichgewicht zwischen den Functionen der Assimilation und der Secretion hergestellt. Auch die geistigen Vermögen haben ihre Vollkommenheit erreicht. Der leidenschaftlichen Imagination der Jugend folgt allmählig die Reife des Verstandes und des Urtheils.

Im Greisenalter lebt das Individuum nur noch für sich; für die Gattung ist es mit dem Schwinden der Zeugungskraft abgestorben, und für die Mitwelt mit ihren fortschreitenden Ideen erlischt das Verständniss in dem Haften an der Vergangenheit. Aber auch die anderen Kräfte schwinden allmählig; die Sinnesschärfe, die Bewegungslust, ja selbst die Blutbewegung verlangsamt, und mit dem träger werden- den Stoffwechsel treten auch materielle Veränderungen ein. Die Gewebe werden schlaffer, die Haare verlieren ihr dunkles Pigment, das Fett schwindet und die Zähne fallen aus. Ueberhaupt scheint ein gewisser Vertrocknungsprocess stattzufinden; die Knochen werden dichter und brüchiger, und die fibrosen Gewebe zeigen eine Tendenz, kalkige Ablagerungen aufzunehmen. Die Stimme verliert ihre Kraft, wird unrein und schmetternd. Im Verlauf mindert sich der Stoffwechsel mehr und mehr, bis er zuletzt stille steht. Ein solcher Tod ist allerdings nur ein schmerzloses Erlöschen, aber nicht der regelmässige Ausgang des Daseins, da er auch beim Greis gewöhnlich in Folge localisirter Störungen eintritt, die nach einem mehr oder weniger schweren Kampf in Lähmung des Gehirns (Schlagfluss), der Lungen (Stickfluss) oder des Herzens (Ohnmacht) gipfeln.

Examinatorium

über

die Physiologie des Menschen.

1. Was versteht man unter Nahrungsmitteln, und welche Eigenschaften müssen sie besitzen?
2. Bedeutung und Vorkommen der unorganischen Nährelemente.
3. Wodurch wird der Nährwerth der organischen Nahrungsstoffe bestimmt?
4. Was versteht man unter respiratorischen, was unter plastischen Nahrungsmitteln? Welches sind die wichtigsten Glieder der beiden Gruppen? Wie wirkt die eine, wie die andere Gruppe in ausschliesslicher Verwendung für die Ernährung, und welche Schlüsse ergeben sich daraus für die normale Ernährung?
5. Mass des Nahrungsbedarfs für den erwachsenen Menschen.
6. Welche Gründe sprechen dafür, dass der Mensch darauf angewiesen ist, seine Nahrung sowohl dem Thierreich, als dem Pflanzenreich zu entnehmen?
7. Wirkungen der Entziehung von fester, von flüssiger Nahrung.
8. Hunger und Durst als Allgemeingefühle.
9. Wie vollbringt sich der Mechanismus des Kauens, des Saugens, Trinkens, des Schlürfens, des Schlingens?
10. Nutzwert der verschiedenen Zähne.
11. Was ist peristaltische, was ist antiperistaltische Bewegung?
12. Wie wird der Nährbissen fortbewegt, und wie lange braucht er, bis er im Magen anlangt?
13. Wie verhält sich der Magen während der Verdauung? Dauer der Magenverdauung.
14. Mechanismus des Erbrechens, Aufschwulkens, Aufstossens.
15. Modus der Fortbewegung des Nährbissens im Darm.
16. Mechanismus der Kothentleerung.

17. Mechanische Wirkung der Darmgase, des Darmschleims.

18. Welche Bedeutung haben der Speichel, der Magensaft, die Galle, der Bauchspeichel, der Darmsaft für die Verdauung? Woher stammen diese Flüssigkeiten und welche Zusammensetzungsverhältnisse, welche chemische Eigenschaften zeigen sie? Menge ihrer Ausscheidung.

19. Welche Momente üben einen begünstigenden, welche einen störenden Einfluss auf die Verdauung?

20. Wodurch wird die Verdaulichkeit eines Nährstoffs bedingt?

21. Warum werden die eiweissstoffigen Gewebe der Magenwandungen nicht ebenso gut verdaut, wie die eingeführten Proteinsubstanzen, und wie kann die sogenannte Magenerweichung vor sich gehen?

22. Was versteht man unter Chymus, — was unter Peptonen, und wie verhalten sich letztere beim Uebergang in den Organismus?

23. Auf welche abnorme Zustände lässt die sogenannte Diarrhoea adiposa schliessen?

24. Woher rührt der Stercoralgeruch? Entstehung und Zusammensetzung der Darmgase.

25. Bestandtheile der Faeces.

26. Durchgangszeit des Nährstoffe durch den Darmkanal.

27. Was versteht man unter Absorption — unter Resorption? Oertlichkeiten derselben.

28. Wie verhält sich die Absorption im Darmkanal? Was versteht man unter Imbibition, Endosmose, Difussion, Druckfiltration? Absorption der Fette. Apparate der Darmabsorption. Art ihrer Wirksamkeit. Verschiedene Absorptionswege und Verschiedenheit des Absorptionsmaterials. Absorption von Arznei- und Giftstoffen. Langsamkeit der Darmabsorption und Bedeutung derselben.

29. Absorption auf der Haut — in den Lungen — in den geschlossenen Höhlen der serösen Häute, der Gelenkscapseln, der Gewebe überhaupt; Bedeutung der letztern für die Chirurgie.

30. Beziehung der Giftwirkung zum Gefäss- und zum Nervensystem.

31. Bedingungen und Wege der interstitiellen Ernährungsresorption. Welche Folgerungen ergeben sich daraus für die Pathologie und Therapie?

32. Was ist Chylus, was Lymphe? Wechselseitiges Verhalten dieser Flüssigkeiten. Wege derselben. Bewegungsbedingungen.

33. Wahrscheinliche Bedeutung der Bindegewebskörperchen.

34. Blutmenge; Versuche zu Bestimmung derselben. Einfluss des Hungers und der Sättigung.

35. Bestandtheile des Bluts. Form und chemisches Verhalten der rothen Blutkörperchen; wie erscheinen

sie im Embryo? Woher rührt ihre Färbung? Wie verhalten sie sich zu den Capillarwandungen? Funktion. Wahrscheinliche Untergangsstätte. Die rothen Blutkörperchen als gerichtsarztliches Testobject. — Weisse Blutkörperchen, ihr numerisches Verhältniss zu den rothen. Form. Beziehung zum Faserstoff und zur Crusta phlogistica. Ihre Vermehrung in Krankheit und Bildungsstätte. Chemische Differenz zwischen Eiweissstoff und Faserstoff. Verhältniss der übrigen Bestandtheile, Wasser, Fette, Salze und Gase. Unterschied zwischen Arterien- und Venenblut. Verhalten des Pfortaderbluts.

36. Wie vollbringt sich die Blutgerinnung? Begünstigende und verzögernde Momente. Ansichten über die Ursache der Blutgerinnung. Verhältniss der Speckhaut zu Krankheiten.

37. Worin hat man nach starken Blutverlusten die Ursache des Todes zu suchen?

38. Was versteht man unter Transfusion, was bezweckt man damit, und unter welchen Bedingungen darf man sich von ihr Erfolg versprechen?

39. Was versteht man unter dem grossen, was unter dem kleinen Kreislauf? Wie verhält sich die Circulation in der Pfortader, in den Nieren? Harvey'scher Beweis für den Kreislauf.

40. Gang des Blutlaufs. Mechanisches Verhalten des Herzens beim Blutdurchgang. Vergleichung der beiden Herzhälften — Differenz in ihrer mechanischen Einrichtung.

41. Bedeutung der Herztöne, Stellen ihres Intensitätsmaximums. Pathologische Herzgeräusche.

42. Was versteht man unter Herzschlag, und was ist die Ursache desselben? Wie verhält sich die Herzspitzenhebung zum Herzschlag? Rhythmus des Herzschlags und seine Bedingungen.

43. Ist das Herz die einzige Ursache der Blutbewegung? Mit welcher Intensität arbeitet es in beiden Herzhälften? Beschreibung des Hämadynamometers.

44. Was ist das Kymographion, und welche Folgerungen knüpfen sich an die durch dieses Instrument gewonnene doppelt undulirende Curve?

45. Welche Momente wirken hemmend auf den arteriellen Blutlauf und welche Nutzwirkung wird durch sie erzielt?

46. Was ist der Arterienpuls? Was lässt sich aus ihm erkennen? Welche Momente wirken beschleunigend, welche ermässigend auf seine Frequenz? Grundsätze und Wirkung des Sphygmographen.

47. Was versteht man unter Venenpuls? Ursache desselben.

48. Welche Structurdifferenzen zeigen die Arterien, die Venen, die Capillaren und die Lymphgefässe?

49. Wie verhält sich die Circulation in den Capillaren?

50. Wie beginnen die Venen und wo enden sie? Welche Eigenthümlichkeit zeigt die Pfortader? Struc-

tur und Mechanismus der Venenklappen; numerische Vertheilung derselben.

51. Wie vollbringt sich der venöse Blutlauf? Begünstigende Momente. Blutdruck in den Venen. Einfluss der Respiration.

52. Welche nachtheilige Folgen können aus der Venenaspilation bei Gelegenheit von Operationen erwachsen? Warum?

53. Blutlauf in der Pfortader, in den erectilen Geweben.

54. Geschwindigkeit des Blutlaufs in den verschiedenen Theilen des Systems. Grundsätze des Hämodromometers.

55. Aufgabe der Respiration.

56. Beschreibung des Kehlkopfs, der Trachea und der Lungen.

57. Mechanismus der Inspiration.

58. Mechanismus der Expiration.

59. Was versteht man unter Abdominal-, was unter Pectoralrespiration? Unter welchen Bedingungen wird die eine oder die andere vorherrschend?

60. Welche Bedingungen haben die Muskeln zu erfüllen, um in der In- oder Expiration, der einfachen sowohl als der forcirten, mitzuwirken?

61. Verhalten der Lungen während der In- und der Expiration in mechanischer Beziehung. Wirkung von in die Pleurahöhle eindringenden Wunden.

62. Was versteht man unter Bauchpresse?

63. In welcher Beziehung steht das Nervensystem zu dem Athmen? Lebensknoten.

64. Durchschnittszahl der Athembewegungen in verschiedenem Alter. Durchschnittsvolum der bei jeder Respiration eingenommenen Luft. Grösster Betrag einer forcirten Expiration. Residualluft. Der Spirometer und seine Bedeutung.

65. Beschaffenheit und Ursache der Athemgeräusche.

66. Was versteht man unter Schnarchen, Gähnen, Schluchzen, Seufzen, Lachen, Husten, Räuspern, Niesen?

67. Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Welche Veränderungen erleidet sie bei der Respiration? Quantitative Verhältnisse des Gasaustausches. Physikalische Gesetze der Gasdifusion. Einfluss der Athemfrequenz auf die Kohlensäureausscheidung.

68. Welche Rolle spielt der Sauerstoff bei der Respiration?

69. Woher stammt die Kohlensäure der Expirationsluft? Wie kann man sich den Vorgang des Umsatzes der Kohlensäure gegen den Sauerstoff denken? Bedingungen, welche die Ausscheidung von Kohlensäure vermehren oder vermindern.

70. Verhalten des Stickstoffs bei der Lungenrespiration.

71. Welche weitere Secretionsprodukte enthält die Expirationsluft ausser der Kohlensäure? Durchschnittliche Menge des Wassers und Bedingungen, von

welchen sie beeinflusst wird. Beziehung zu anderen Secretionsorganen.

72. Zweck der Lungenrespiration.

73. An welchen anderen Oertlichkeiten finden sich Respirationerscheinungen? Wie verhalten sich hier die Produkte nach Menge und Bedeutung?

74. Welche Bedingungen müssen athembare Gase erfüllen? Welche Gase sind unathembar und welche Folgen zieht der Aufenthalt in denselben nach sich? Wirkt Kohlensäure giftig oder nur deshalb nachtheilig, weil sie des freien Sauerstoffs entbehrt?

75. Was ist Asphyxie, und wie verhalten sich Respirations- und Athemorgane während derselben?

76. Welchen Unterschied bemerkt man beim Tod durch Ertrinken und bei dem durch Ersticken in Folge blosser Luftabhaltung aus anderen mechanischen Ursachen?

77. Was versteht man unter thierischer Wärme, und welche Unterschiede in derselben bemerkt man bei verschiedenen Thierklassen?

78. Quellen der thierischen Wärme; Umstände, durch welche sie vermehrt und vermindert wird. Wirkung ihrer übermässigen Steigerung oder Minderung beim Menschen. Methoden, das Wärmemass physikalisch zu ermitteln.

79. Durch welche Momente wird ihre Gleichmässigkeit für den Menschen unter verschiedenen äusseren Temperaturen erhalten? Kann die Kleidung als wärmegebender Vehikel betrachtet werden? Welche Oscillationen zeigt die Wärme an verschiedenen Körperteilen?

80. Was ist von den Selbstverbrennungen zu halten?

81. Welche Structureigenthümlichkeiten zeigt das Lebergewebe? Wie verhält sich in demselben die Gefässvertheilung?

82. Function der Leber. Welche Verbrauchselemente werden durch sie ausgeschieden?

83. Ist die Galle ein Excretionsstoff? Aus welchem Theil des Gefässsystems, aus welchen Stoffen lassen sich ihre Elemente ableiten? Test auf Galle.

84. Haben wir die Galle als ein Product oder als ein Educt der Zellen zu betrachten? Wie verhalten sich die stickstoffigen Bestandtheile der Galle zur Digestion, respective zur Excretion? Stammt der Leberzucker aus den Nahrungsmitteln oder aus den Geweben? Wie weit lässt er sich in der Blutbahn verfolgen?

85. Wie haben wir uns das Auftreten von Zucker im Harn zu erklären?

86. Bau der Nieren. Aehnlichkeit und Differenz in der Gefässanordnung zwischen Nieren und Leber. Welche Verbrauchselemente werden durch sie ausgeschieden?

87. Welche Ansichten hegt man über den Vorgang der Harnabsonderung? Welche Bedeutung hat

die Lumenverschiedenheit der Vasa inferentia und eferentia an den malpighischen Nierenknäueln? Wo haben wir mit grosser Wahrscheinlichkeit die Quelle der Harnstoffbildung zu suchen?

88. Zusammensetzung des Harns; durchschnittliche Tagesabfuhr desselben nach Quantität und Qualität; Einflüsse, welche Schwankungen bedingen.

89. Mechanismus der Harnentleerung.

90. Welche Stoffe, die nicht zu den normalen Harnbestandtheilen gehören, findet man gelegentlich im Urin; wie erkennt man sie, und unter welchen Bedingungen treten sie auf?

91. Zusammensetzung der Harnsedimente — der Harnsteine.

92. Welche Ingesta pflegen mit dem Harn wieder auszuscheiden? Geschwindigkeit mit der dies geschieht.

93. Welche Secretionsproducte werden durch die Haut geliefert? Wie vollbringt sich die Secretion der Talgsekrete? Wo finden wir sie in besonders entwickelter Thätigkeit? Bestandtheile und Nutzen des Drüsentalgs.

94. Secretion, Bestandtheile und Nutzen des Schleims.

95. Wie verhalten sich die Secretionen und Secretionsproducte der serösen und synovialen Häute?

96. Bau und wahrscheinliche Function der Milz.

97. Charakteristik der verschiedenen Secretionsorgane nach Massgabe der Elemente ihrer Ausscheidungsproducte.

98. Ernährung und Stoffwechsel in den verschiedenen Geweben — Epithel und Epidermis (Nägel, Haare), Knorpel, Knochen, Muskel, Nervengewebe, Bindegewebe, Fettgewebe; Bedeutung des letzteren. Wie ersetzen sich in denselben die Substanzverluste?

99. Welche Rolle spielt das Periost in den Ernährungserscheinungen, und wie verhält es sich in Fällen von Translocation?

100. Wie unterscheidet sich die Verknöcherung von der Verkalkung?

101. Welchen Ersatz bietet die Natur für getrennte und unwegsam gewordene Gefässe?

102. Wie kann ein unwegsam gewordener Secretionskanal wieder permeabel werden?

103. Wirkung einer ungenügenden Ernährung auf die Einzelgewebe, auf Respiration, thierische Wärme, Herzschlag.

104. Antagonismus zwischen der Thätigkeit der Lymph- und der Chylusgefässe; seine therapeutische Verwerthung.

105. Welche Behandlung fordert ein ausgehungertes Mensch?

106. An welchen Stellen findet sich Flimmerepithel? Wie agiren die Flimmerzellen und worin besteht ihre Verrichtung?

107. Welcher anatomische, welcher functionelle Unterschied findet zwischen glatten und gestreiften Muskelfasern statt?

108. Was versteht man unter Muskelstrom? Wie verhält sich der künstliche, wie der natürliche?

109. Cohäsion und Dehnbarkeit der Muskelfaser.

110. Unterschied zwischen Elasticität und Contractilität.

111. Bedingungen der Contractilität: Einfluss des Nervensystems; ist sie ganz von letzterem abhängig oder eine dem Muskel inhärirende Eigenschaft? Dauer der Contractilität.

112. Worin bestehen die Muskelreize; welche eignen sich am besten für das Experiment, und unter welcher Bedingung wirken sie am energischsten?

113. Wie verhält sich der Muskel bei der Contraction — wie die Contraction bei einmaliger kurzer, bei anhaltender, bei einfach wiederholter und bei sehr rasch auf einander folgender wiederholter Reizung?

114. Beziehung des Muskels zur Wärmeentwicklung.

115. Welche Wirkungen werden durch die Muskelcontraction erzielt? Mass der dabei thätigen Kraft. Welche Tagesleistung kann man von einem Arbeiter verlangen?

116. Was versteht man unter Leichenstarre? Zeit ihres Eintritts und Dauer derselben. Wahrscheinliche Ursache.

117. Hebelwirkung der Muskel. Welche Art des Hebels kommt in der thierischen Oeconomie am häufigsten zur Verwendung? Beispiele in welchen die verschiedenen Hebel verwendet werden.

118. Intermittirende Thätigkeit der Muskel. Welche Vorsorge ist getroffen, wo eine ständige gefordert wird, und wie wird dabei der freien Beweglichkeit Rechnung getragen?

119. Warum gehen Bewegungen auf hohen Bergen schwerer, in der Taucherglocke leichter vor sich?

120. Wie bestimmen wir den Schwerpunkt des menschlichen Körpers?

121. Wann befindet sich der menschliche Körper im Gleichgewicht?

122. Beschreibung des Stehens, Gehens, Laufens, Springens, Kriechens, Kletterns, Schwimmens.

123. Was versteht man unter Stimme, was unter Sprache? Wie bildet sich die eine, wie die andere?

124. Von welchen Bedingungen hängt die Stärke, die Höhe, der Klang der Stimme ab?

125. Wie vollbringt sich das Flüstern, die Bruststimme, der Falsettton, das Bauchreden?

126. Anatomisches Verhalten der Nervenfasern und Nervenzellen. Ihre Vertheilung in Nervengewebe. Anfänge, Verlauf und Endigung der Nervenfasern.

127. Zusammensetzung des Nervengewebs.

•128. Nervenstrom.

129. Was versteht man unter Electrotonus eines Nerven und wie verhalten sich seine Erscheinungen zu denen in anderen schwachen Leitern?

130. Was ist die inducirte Muskelcontraction, was die Contractionsparadoxe, und in welcher Beziehung stehen beide zum Electrotonus?

131. Was versteht man unter Katelectronus, was unter Anelectrotonus? Wie beweist man ihren Einfluss auf die Erregbarkeit der Nerven?

132. Wie hat man sich die Nervenleitung zu denken? Welche Thatsachen sprechen dafür, dass dem einzelnen Nerven nicht blos eine centrifugale oder eine centripetale Leitung, sondern eine Leitung in beiderlei Richtung zusteht? Wirkung einer Leitungsunterbrechung.

133. Wie sind die consensuellen Erscheinungen der Mitbewegung und Mitempfindung zu deuten?

134. Geschwindigkeit der Nervenleitung.

135. Was versteht man unter Nervenirregbarkeit? Unter welchen Bedingungen besteht sie, wird sie erhöht, gemindert oder aufgehoben?

136. Die verschiedenen Nervenreize und ihr Verhalten. Welche Erscheinungen bemerkt man bei der Induction continuirlicher electrischer Ströme? Effect der Reizung.

137. Was versteht man unter Reflexthätigkeit — Reflexbewegung? was unter automatischer Bewegung.

138. Unterschied der Gehirn- und Rückenmarksnerven.

139. Function der einzelnen Gehirnnerven.

140. Welche Leitungserscheinungen ergeben sich bei Quer- und Längsschnitten durch das Rückenmark? Welche Rolle spielt dabei die graue Substanz?

141. Wirkung einer theilweisen oder gänzlichen Zerstörung des Rückenmarks.

142. Wirkung einer electrischen Reizung des Rückenmarks.

143. Wirkung von Längs- und Querschnitten, von electrischer Reizung, durch das verlängerte Mark geführt. Verhältniss der Medulla oblongata zu den Reflexbewegungen, zur Respiration, zur Herzthätigkeit, zur Zuckerbereitung in der Leber.

144. Function des kleinen Gehirns.

145. Wirkung von Durchschneidung der Varolsbrücke und ihrer Fortsätze.

146. Function der Vierhügel.

147. Function des Grosshirns; Wirkung seiner Abtragung. Unterschied des menschlichen Gehirns von dem der Thiere.

148. Wie unterscheidet sich das System des Sympathicus von dem der Cerebrospinalachse in anatomischer, in functioneller Beziehung? In wie weit sind sie als verschiedene Systeme, in wie weit als ein einziges zu betrachten?

149. Welche Wirkungen übt die Durchschneidung des Sympathicus und die Reizung desselben am Hals in verschiedenen anderen Körperpartieen?

150. Welches sind die charakteristischen Momente, die den Menschen vom Thier unterscheiden?

151. Kritik der Gallschen Schädellehre — der Carusschen Cranioscopie.

152. Erscheinungen des Schlafs. Wie verhalten sich die somatischen und seelischen Functionen während des Schlafs im Gegensatz vom wachen Zustand?

153. Was versteht man unter Somnambulismus, unter magnetischem Schlaf?

154. Wie entsteht das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut?

155. Was ist sphärische, was chromatische Aberration, und welche Vorkehrungen sind im Auge getroffen, um diesen bei einfachen optischen Linsen gewöhnlichen Mängeln abzuhelpen?

156. Durch welche Mittel wird das Auge befähigt, Bilder von nahen und fernen Gegenständen zu recipiren?

157. Was versteht man unter Myopie, unter Presbyopie, und durch welche Mittel werden diese Fehler des Auges corrigirt?

158. Auf welchem Grundsatz beruht der Scheiner'sche Versuch?

159. Bedeutung des Iris.

160. Bedeutung des Aderhautpigments.

161. Wie lässt sich der Purkinje-Sansonsche Versuch für die Lehre von der Accomodation verwerthen?

162. Wie verhalten sich die verschiedenen Partien der Retina zum Sehen? Mariottescher Versuch.

163. Auf welchen Grundsätzen beruht die Construction des Augenspiegels, und welche Dienste leistet er?

164. Wie erklärt sich das aufrechte Sehen der Gegenstände, während doch ihre Netzhautbilder verkehrt sind?

165. Was versteht man unter Sehwinkel, und zu welchen Täuschungen giebt er Anlass? Wie gross muss er sein, um einen Gegenstand dem unbewaffneten Auge noch sichtbar erscheinen zu lassen?

166. Dauer des Lichteindrucks und der Uebertragung.

167. Was versteht man unter Irradiation?

168. Was versteht man unter Nachbildern, Ergänzungsfarben und Farbenblindheit?

169. Ursachen der entoptischen Bilder.

170. Wir sehen mit beiden Augen doppelt und einfach — unter welchen Bedingungen das eine, unter welchen das andere?

171. Was versteht man unter identischen Netzhautstellen — was unter dem Horopter? Können die Erfahrungen, welche das Stereoscop liefert, als Beweise gegen die Hypothese des Horopters und der identischen Stellen angesehen werden?

172. Bedeutung der verschiedenen Hilfsapparate des Sehorgans.

173. Leitungsgesetze des Schalls. Welche Rolle spielen das äussere Ohr, das Trommelfell, die Gehörknöchelchen, die eustachische Röhre, die verschiedenen Theile des Labyrinths, die Kopfknochen bei der Schallleitung?

174. Was versteht man unter Hören? Vertheilung und Endigung der Gehörnerven.

175. Bedingungen, von welchen die Höhe, die Stärke und der Klang des Tons abhängt.

176. Subjective Sensationen des Gehörorgans.

177. Welches sind die Nerven des Geruchs-, des Geschmackssinns?

178. Bedingungen des Riechens, des Schmeckens.

179. Subjective Empfindungen in diesen beiden Sinnen.

180. Welche Nerven dienen dem Gefühlssinn? Arten desselben?

181. Bedeutung der Tastkörperchen.

182. Was versteht man unter Empfindungskreisen? Räumliche Verbreitung und Bedingungen derselben.

183. Bedingungen der Tastsinnstäuschungen.

184. Ursachen der Wärme- und Kälteempfindung. Momente, welche zu Irrungen Anlass geben.

185. Was versteht man unter dem Muskelsinn?

186. Verschiedene Formen der Fortpflanzung.

187. Was versteht man unter Metamorphose, unter Generationenwechsel, unter Parthenogenese?

188. Der Samen nach seiner Zusammensetzung und Entstehung. Wirksame Elemente desselben. Geschwindigkeit seiner Bildung. Wirkung der Hodenabtragung.

189. Bedeutung der Prostata, der Cowperschen Drüsen, der Samenbläschen.

190. Mechanismus der Erection, der Ejaculation.

191. Welche Bedeutung hat die Menstruation? Zeit ihres Eintritts, ihres Aufhörens. Durchschnittliches Mengenverhältniss und Beschaffenheit des Blutes.

192. Was sind die Graafschen Follikel, wann entstehen sie und wie verhalten sie sich zur Menstruation?

193. Das Ovulum in seiner Beziehung zum Graafschen Follikel und zur Menstruation.

194. Was versteht man unter Corpora lutea (den wahren und den falschen)?

195. Verhältniss des Ovulum zum Samen. Zeit und Ort der Befruchtung.

196. Was ist von den Superfötationen zu halten?

197. Veränderungen des Uterus und seiner Schleimhaut während der Schwangerschaft. Was ist die Membrana decidua, die Decidua reflexa, die Decidua serotina?

198. Blutbeschaffenheit während der Schwangerschaft.

199. Dauer der Schwangerschaft. Vorgänge beim Gebären, im Wochenbett, beim Säugen. Zusammensetzung der Milch; Unterschied des Colostrums von der späteren Milch.

344 Examinatorium über die Physiologie etc.

200. Welche Veränderungen erleidet das Ovulum beim Durchgang durch die Tuben?
201. Was versteht man unter Dotterspaltung? Schicksale der verschiedenen Eitheile während derselben.
202. Die Keimblätter und ihre Bedeutung für den Anbau des Embryos und seiner provisorischen Hilfsorgane.
203. Erste Anlage des Embryo, der Primitivstreif, das Medullarrohr und die Wirbelsaite.
204. Abschnürung des Embryo und Entstehung des Amnion, des Chorion. Verhalten der Dotterblase.
205. Entstehung, Bedeutung und Function der Allantois; ihre Beziehung zum Frucht- und Mutterkuchen. Zusammensetzung des Nabelstrangs.
206. Entstehung des Gehirns und Rückenmarks, des peripherischen und sympathischen Nervensystems, der Schädelkapsel, des Auges, des Ohrs.
207. Was versteht man unter Kiemenbogen und Kiemenspalten? Welche Metamorphosen erleiden sie?
208. Entstehung der Knochen und Muskel, der allgemeinen Bedeckungen.
209. Entstehung von Darm, Zähnen, Leber, Milz, Lungen.
210. Bildung der Harnblase, der Nieren.
211. Welche Bedeutung haben die Wolffschen Körper für die Geschlechtsentwicklung? Welche Metamorphose erleiden sie und ihre Ausführungsgänge im männlichen, im weiblichen Fötus?
212. Wie bildet sich das Gefässsystem, das Herz?
213. Was versteht man unter dem Dotterkreislauf, — welche Bedeutung hat er für den Embryo und wie lange bleibt er bestehen?
214. Beschreibung des Sabatierschen Kreislaufs.
215. Warum bleiben bei der Fötalentwicklung die unteren Extremitäten verhältnissmässig so weit zurück?
216. Welche Veränderungen erleidet der Kreislauf nach der Geburt des Kindes?
217. Werden die Kinder farbiger Menschen schon mit der specifischen Rassenfärbung geboren, oder greift diese erst später Platz?
218. In welcher Ordnung und in welchem Lebensalter treten die verschiedenen Zähne auf?
219. In welcher Weise äussert sich die Pubertätsentwicklung beim Knaben, beim Mädchen? In welchem Alter pflegt sie beiderseits ihren Anfang zu nehmen?
220. Was versteht man unter Involution, und in welcher Weise äussert sie sich bei beiden Geschlechtern. Zeit ihres Beginns — Abschluss.

SACHREGISTER.

A.

Abducens N. 218, 274.
 Aberration, sphärische 252, chromatische 253.
 Abortus 310.
 Absorption 35; im Darmkanal 35 u. f.; von Fetten 39; auf der Haut 43; in den Lungen 44; in den geschlossenen Höhlen der serösen Häute, der Gelenkscapseln 44.
 Accessorius Willisii N. 220.
 Accommodation des Auges 254.
 Acusticus N. 281.
 Aderhaut, siehe Choroidea.
 Aderhautpigment 259.
 Allantois 317.
 Ammen 299.
 Amnion 317.
 Antagonismus zwischen der Thätigkeit der Lymph- und der Chylusgefäße 148.
 Arachnoidea 221.
 Area opaca 344.
 Area pellucida 314.
 Asphyxie 108, 110, 219, 330.
 Athembewegungen, Zahl derselben 97.
 Athemgeräusche 99.
 Athemhemmung 108.
 Athmen, erstes 330.
 Athmungsbedürfniss 96, 104.
 Athmungsmechanik 96.
 Atmosphärische Luft, Zusammensetzung 101.

Atmosphärendruck auf die Gelenke 177.
 Aufmerksamkeit 237.
 Aufschwulken 20.
 Aufstossen 20.
 Augapfel 245, im Embryo 320.
 Augenkammern 247.
 Augenlide 274.
 Augenmuskel 274.
 Augennerven 274.
 Augenspiegel 262.
 Auslösungsorgane, die Nerven als etc. 213.
 Automatische Bewegungen 215.

B.

Bauchpresse 96.
 Bauchreden 191.
 Bauchspeichel 30.
 Befruchtung 306 u. f.
 Begattung 306.
 Beinhaut, Translocation derselben 146.
 Bellscher Lehrsatz 206.
 Bewegung 150.
 Biester 312.
 Bildconstruction im Auge 251.
 Bilder, entoptische 267.
 Bindegewebe, Ernährung 144.
 Bindegewebsskörperchen 40, 46, 47, 144.
 Binoculares Sehen 268.
 Blinder Fleck 262, 270.
 Blut 49, Menge 49, Physikalische und micros-

copische 51, Chemische 56, vitale Eigenschaften 58; in den Arterien 57, in den Venen 57, in der Pfortader 58; Coagulation des Bluts 58, Transfusion 61, Kreislauf 62.

Blutfaserstoff 55, 57.

Blutgefäßdrüsen 138.

Blutkörperchen, rothe 51.

Blutkörperchen, weisse 54.

Blutlauf, arterieller 78, in den Capillaren 83, venöser 85, in der Pfortader 88, in den erectilen Geweben 89, Geschwindigkeit 89.

Brechende Medien des Auges 249.

Brechung des Lichts 247.

C.

Capillargefäße 83, Einfluss des Sympathicus 235.

Cardinalvenen 328.

Cellulose als Nährstoff 6.

Centrum, optisches 249, 265.

Cephalorachidische Flüssigkeit 222.

Cerebrospinalachse 221, im Embryo 319.

Chiasma nervorum opti-
corum 270.

Chorion 310, 313, 317, 318.

Chorion villosum 310.

Choroidea 245, 259, im Embryo 321.

Chymus 28.

Chylus 46, 148.

Ciliarmuskel, s. Ligamentum ciliare.

Cloake 324.

Colostrum 312.

Consensuelle Thätigkeiten 207.

Consonanten 190.

Contenuirliche electrische Ströme, ihre Entwicklung auf die Nerven 212.

Contractilität 164.

Contraction der Muskel 167, Nutzeffect 170, inducirte 203.

Contractionsparadoxe 204.

Cornea, s. Hornhaut.

Corpora lutea 305.

Cowpersche Drüsen 301.

Cranioscopie, Carussche 240.

Crusta phlogistica 54, 60.

Cyclische Veränderungen 330.

D.

Darbezustand 148.

Darm im Embryo 323.

Darmblatt 315.

Darmgase, mechanische Wirkung derselben 22, Quelle und Zusammensetzung 33.

Darmsaft 31.

Darmschleim 22.

Darmzoten 40.

Decidua reflexa 310.

Decidua serotina 310.

Dickdarmverdauung 32.

Diffusion der Gase in den Lungen 100.

Doppelbilder, Vernachlässigung derselben 271.

Dotterblase 317.

Dotterkreislauf 326.

Dotterspaltung 313.

Ductus arteriosus Botalli 328, 330.

Ductus venosus Arantii 329, 330.

Ductus vitellointestinalis 316, 317.

Dünndarmverdauung 28.

Dura mater 221.

Durst 13.

E.

Effect der Nervenreizung 210.

Ei, menschliches 304, Entwicklung desselben 314 u. f.

Eiweissstoff als Nahrungsmittel 7, in der Verdauung 26, 30, im Blut 56, im Harn 134.

Ejaculation 302.

Elastisches Gewebe, Bedeutung 176.

Electrische Erscheinungen im Muskelgewebe 157, im Nervengewebe 200.

Electrotonus 202.

Embryologie 310.

Embryonalfleck 314.

Empfindungskreis 293.
 Endosmose 36.
 Epidermis, Ernährung 142,
 Ersatz 145.
 Epithel, Ernährung 142,
 Ersatz 145.
 Erbrechen 20.
 Erectile Gewebe, Blutlauf
 in denselben 89, 303.
 Erection 302.
 Ergänzungsfarben 266.
 Erfrieren 116.
 Ernährung der Gewebe
 141, Wirkung einer un-
 genügenden 12, 447.
 Ersticken 108.
 Ertrinken 108.
 Expiration, Mechanis-
 mus 95.

F.

Facialis N. 218, 275, 287.
 Faeces, Mischung dersel-
 ben 33.
 Falsett 189.
 Farben 266.
 Farbenblindheit 267.
 Faserstoff als Nahrungsmittel 7,
 bei der Verdauung 27,
 im Blut 55, 57, im Harn
 134.
 Fenestra ovalis 278.
 Fenestra rotunda 278.
 Fernsehen 256.
 Fett als Nährstoff 6, bei
 der Verdauung 27 u. f. 36.
 Fettgewebe, Ernährung
 145.
 Fleischzucker 126.
 Flimmerzellen 150.
 Flüstern 190.
 Fluorcalcium als Nahrungsele-
 ment 5.
 Foramen ovale 330.
 Fortpflanzung, geschlecht-
 liche 298.
 Fortpflanzung, unge-
 schlechtliche 297.
 Frequenz des Herzschlags
 75.
 Fruchthof 314.
 Fruchtwasser 311, 317.
 Frühgeburt 310.
 Fühlen 290.

G.

Galle 28, als Leberproduct
 123, im Harn 134.
 Gase, unathembare 108.

Gaswechsel in den Lun-
 gen 100.
 Geburt 310.
 Gedächtniss 237.
 Gefässgewebe, Regenera-
 tion 146.
 Gehen 179.
 Gehirn, grosses 229.
 Gehirn, kleines 227.
 Gehirnnerven 216.
 Gehörorgan im Embryo
 321.
 Gehörsinn 287.
 Gehörknöchelchen 279.
 Generatio originaria 297.
 Generationenwechsel 299.
 Geruch 285.
 Geschlechtsorgane, männ-
 liche 300, 325.
 Geschlechtsorgane, weib-
 liche 326.
 Geschmack 287.
 Gesichtslinie 261.
 Gesichtssinn 245.
 Gesichtstäuschungen 264,
 265.
 Glaskörper 247.
 Glossopharyngeus 218, 288.
 Glottis respiratoria und
 vocalis 186, 188.
 Glycogen 124.
 Graafsche Follikel 304, 326.
 Greisenalter 332.
 Gummi als Nährstoff 6.

H.

Haare 142.
 Hämadromometer 90.
 Hämadynamometer 76.
 Harn 130.
 Harnblase im Embryo 324.
 Harnfarbstoffe 133.
 Harnsack s. Allantois.
 Harnsäure 131, im Mus-
 kel 157.
 Harnsedimente 134.
 Harnsteine 135.
 Harnstoff 131, im Schweiss
 136, im Muskel 157, im
 Fruchtwasser 317, fehlt
 im Harn des Säuglings
 331.
 Haut des Embryo 322.
 Hautsecretionen 106, 136.
 Hebel bei der Muskelthä-
 tigkeit 172.
 Hermaphroditismus 298.
 Herz 64, Systole und Dia-
 stole desselben 68.

Herzschlag 72, Rhythmus desselben 73, Frequenz, Intensität des Herzschlags 75, im Embryo 327, 328.
 Herztöne 70.
 Hippursäure 132.
 Hirnblase 216, 139.
 Hoden 300, im Embryo 325.
 Hören 281.
 Hornblatt 315.
 Hornhaut 245.
 Horopter 270.
 Humor aqueus 249.
 Humor vitreus 249.
 Hunger 12, 148.
 Husten 99.
 Hypoglossus N. 221, 288.
 Hypoxanthin im Muskel 157.

I.

Identische Netzhautstellen 269.
 Imbibition 36.
 Inducirte Muskelcontraction 203.
 Inosin 157.
 Inosinsäure, im Muskelgewebe 157.
 Inosit, im Herzfleisch 126.
 Inspiration, Mechanismus 93.
 Instinkte 239.
 Intelligenz 231.
 Involution 330.
 Iris 246, 255, 258.
 Iris, Einwirkung des Oculomotorius, 216, 259; des Trigemini, 217, 259; des Sympathicus, 234, 259; des Opticus, 259.
 Irradiation, 264, 266, 267.
 Irritabilität, siehe Contractilität.
 Jünglings-, Jungfraualter 332.

K.

Käsestoff als Nährelement 8. Bei der Verdauung 27.
 Kalk als Nährelement 5.
 Kaubewegungen 16.

Kehlkopf als Stimmorgan 183.
 Keimbläschen 304.
 Keimblase 314.
 Keimblätter 314.
 Keimfleck 304.
 Keimhügel 304.
 Keimkörnerbildung 297.
 Keratin 143.
 Kiemenbogen 321.
 Kiemenspalten 321.
 Kieselerde als Nährelement 5.
 Kindesalter 332.
 Kindspech, siehe Meconium.
 Kleber als Nährstoff 8. Bei der Verdauung 27.
 Klettern 181.
 Knabenalter 332.
 Knochengewebe, Ernährung 143. Ersatz 145.
 Knorpelgewebe, Ernährung 143. Ersatz 146.
 Körnerhaut 304.
 Kohlendunst im Athemgas 109.
 Kohlenhydrate bei der Verdauung 27.
 Kohlensäure bei der Respiration 104, als schädliches Athmungs gas 109.
 Kopfknochen, Entwicklung 320. Schallleitung derselben 281.
 Kothentleerung 21.
 Kreatin 133, im Muskel 157.
 Kreatinin 133, im Muskel 157.
 Kreislauf 62, des Fötus 326.
 Kriechen 180.
 Krystalllinse 145, 246, 249, 252, bei der Accommodation 255.
 Kymographion 78.

L.

Labdrüsen 25.
 Labyrinth 280.
 Labyrinthblase 321.
 Lachen 99.
 Lanugo 322.
 Laufen 179.
 Lebensknoten 97, 226.
 Leber, Funktion 120; im Embryo 323.
 Leberzucker 124, 220.

Legumin als Nährstoff 8.
 Leichenstarre 170.
 Leim, bei der Verdauung 27.
 Leimarten als Nährstoffe 8.
 Leitband, Hunterisches 325.
 Lichteindruck, Dauer desselben 265.
 Ligamentum ciliare 246, 255.
 Liquor Amnii 317.
 Lochien 311.
 Lufteintritt ins Blut 88.
 Lungen im Embryo 323.
 Lymphe 47, 148.
 Lymphkörperchen 47, in der Milz 139.

M.

Macula lutea 261.
 Magen, Verhalten desselben bei der Verdauung 19, 25.
 Magensaft 25.
 Magnesia als Nährelement 5.
 Mannesalter 332.
 Mariottischer Versuch 261.
 Meconium 312, 323, 331.
 Medullarplatten 315.
 Meibomische Drüsen 275.
 Membrana decidua 309.
 Membrana hyaloidea 247.
 Membrana pupillaris 321.
 Menstruation 305.
 Metamorphose 299.
 Milchdrüse im Embryo 326.
 Milchsecretion 311.
 Milchsäure 6, im Urin 133, im Muskel 157.
 Milz 138, im Embryo 323.
 Mitbewegung 207, 214.
 Mitempfindung 207, 214.
 Morgagnische Hydatide 326.
 Müllersche Gänge 324, 325.
 Mucin 143.
 Mundflüssigkeit 23.
 Muskel, gestreifte 155, im Embryo 322.
 Muskel, glatte 154.
 Muskelgewebe, Ernährung 144, Ersatz 146, Contraction 167, Ermüdung 169, Kraft 169.

Muskelreize 166.
 Muskelsinnempfindungen 296.
 Muskelstrom 157, natürlicher u. künstlicher 161.
 Mutiren der Stimme 189.
 Mutterkuchen, siehe Flacenta.

N.

Nabelarterien 318.
 Nabelblase 317.
 Nabelstrang 318, 330.
 Nabelvene 318.
 Nachbilder, farbige 266.
 Nägel 142.
 Nährelemente, stickstofffreie 5; stickstoffhaltige 7.
 Nahrungsentziehung 13.
 Nahrungsmittel 3; unorganische 4; stickstofffreie 5; stickstoffhaltige 7.
 Nahsehen 256.
 Natrium als Nährelement 5.
 Nebennieren 140.
 Nervenregbarkeit 209.
 Nervenfasern 194.
 Nervengewebe, Ernährung 144, Ersatz 146.
 Nervenleitung 205, Geschwindigkeit derselben 208.
 Nervenreize 211.
 Nervensubstanz im Embryo 319.
 Nervensystem, Functionen 193.
 Nevenzellen 196.
 Nesthaut 309.
 Netzhaut 246, 260.
 Netzhautaderfigur 268.
 Nieren, Function 126, im Embryo 324.
 Niesen 99.

O.

Oculomotorius N. 216, 274, 275.
 Olfactorius N. 275.
 Ohr 278, beim Embryo 321.
 Opticus N. 260, 265, 270.
 Optisches Centrum 249, 265.

Optischer Winkel 169.
 Optometer 258.
 Ovarium im Embryo 326.
 Oxalsäure 133.
 Ozon 53.

P.

Pacinische Körperchen 199.
 Pancreatin 30.
 Parelectronomische Schichte 161.
 Parovarium 326.
 Parthenogenese 298.
 Paukenhöhle 278.
 Pepsin 26.
 Peptone 27, 38, 47.
 Pfortader, Blutlauf in derselben 88.
 Phosphene 268.
 Pia mater 222.
 Pigmentirung der Haut 331.
 Placenta foetalis 310, 318.
 Placenta materna 310, 318.
 Pollutionen 302.
 Primitivstreifen, Bärscher 315.
 Primordialnieren 324.
 Primordialschädel 320.
 Prostata 301, im Embryo 325.
 Protein 7.
 Ptyalin 24.
 Pubertätsentwicklung 332.
 Puls der Arterien 82.
 Pupille 264.
 Purkinje - Sansonscher Versuch 259.

R.

Räuspern. 99.
 Reflexbewegung 213.
 Regenbogenhaut, s. Iris.
 Residualluft 97.
 Respiration 92. Wirkung auf den arteriellen Blutlauf 80; auf den venösen Blutlauf 87. Zweck derselben 105; der Haut und des Darms 106.
 Retina, s. Netzhaut.
 Rosenmüllersches Organ 326.
 Teckbildung 332.

Rückenmark 223.
 Rückenmarksnerven 215.

S.

Sabatierscher Kreislauf 328.
 Säugen 311.
 Säuglingsalter 332.
 Salivin 23.
 Samen 300.
 Samenbläschen 301, 325.
 Samenfäden 153, 300.
 Sauerstoff bei der Respiration 103.
 Schädellehre, Gallsche 228, 240.
 Schall 282.
 Scheide im Embryo 326.
 Scheinerscher Versuch 257.
 Schielen 274.
 Schilddrüse 140; im Embryo 323.
 Schlaf 240; magnetischer 245.
 Schleim 137, dessen Secretion 137.
 Schleimdrüsen 25, 137.
 Schleimkörperchen 24.
 Schlingen 17.
 Schnarchen 99.
 Schwangerschaft 308.
 Schweiss, Einwirkung auf die thierische Wärme 117, als Secretion 136.
 Schweissdrüsen 136.
 Schwerpunkt des menschlichen Körpers 176.
 Schwimmen 181.
 Sclerotica 245.
 Secretionen 120, der Leber 123, der Nieren 128, der Haut 136, der Schleimhäute 137, seröse und synoviale 137, Einfluss des Sympathicus 235.
 Sehachse 269.
 Sehen 260, aufrechtes 263, binoculares 268, körperliches 261, einfaches mit 2 Augen 268 u. f., Sehwinkel 263.
 Seelische Thätigkeiten 236.
 Seitenplatten 216.
 Seufzen 99.
 Sichtbarkeit, Grenze für

das unbewaffnete Auge 265.
 Sinus terminalis 327.
 Sinus urogenitalis 324.
 Somnambulismus 242.
 Spätgeburt 310.
 Spectrum 253, 266.
 Speckhaut 54, 60.
 Speichel 23.
 Spermatin 301.
 Spirometer 98.
 Sprache 189.
 Sprechmaschinen 192.
 Springen 179.
 Sprossenbildung 297.
 Sphygmograph 83.
 Stärke als Nährstoff 6,
 in der Verdauung 24, 30.
 Stehen 177.
 Stercoralgeruch 33.
 Stereoscope 272.
 Stimmbänder 183.
 Stimmbildung 182.
 Stimmritze 184.
 Stoffwechsel 141.
 Stottern 191.
 Substanzverluste in den
 Geweben; wie sie sich
 ersetzen 145.
 Superfoetation 308.
 Sympathicus 231.
 Sympathieen 214.
 Syntonin (Muskelfaser-
 stoff) 55, 157.

T.

Talg 136.
 Talgdrüsen 136.
 Tapetum 246.
 Tastkörperchen 291.
 Tastsinn 291.
 Theilung 297.
 Thränen 275.
 Thränendrüsen 275.
 Thränenkanälchen 276.
 Thränenpunkte 275.
 Thymus 140, 323.
 Tod 333.
 Ton, Stärke 186, 283,
 Höhe 186, 283, Klang
 188, 283.
 Tonicität der Muskel 175,
 274.
 Tractus respiratorius 97.
 Träumen 242.
 Transfusion 61.
 Trigemini N. 216, 275,
 279, 286, 288.

Trochlearis N. 216, 274.
 Truncus arteriosus 327.
 Truncus venosus 328.
 Tuba Eustachii 279.

U.

Urachus 318, 324.
 Urin 130.
 Urwirbel 319.
 Urwirbelplatten 316.
 Uterus, schwangerer 309,
 im Embryo 326.
 Uvea 259.

V.

Vagus N. 218.
 Varolsbrücke 228.
 Vatersche Körperchen 199.
 Venen, Blutlauf in den-
 selben 85.
 Venenpuls 68.
 Verdauung 3. Mechanis-
 mus der V. 14. Che-
 mische Vorgänge bei
 derselben 22.
 Verknöcherung 146, em-
 bryonale 319.
 Verkreidung 146.
 Verlängertes Mark 226.
 Vernix caseosa 322.
 Vernunft 237.
 Verstand 237.
 Vesicula prostatica 326.
 Vierhügel 229.
 Visceralspalten 321.
 Vitalcapazität der Lun-
 gen 97.
 Vocale 189.
 Vorstellung 237.

W.

Wachen 240.
 Wachsthum 330.
 Wärme, thierische 111;
 Einfluss des Sympathi-
 cus 235.
 Wasser als Nährelement 4.
 Wehen 311.
 Whartonsche Sulz 319.
 Wille, freier 238.
 Winkel, optischer 169.
 Wimpern 275.
 Wirbelsaite 315, 319.
 Wochenbett 311.

Wohllustgefühl bei der
Begattung 302, 306.
Wolffsche Körper 324.

Z.

Zähne 15, 323.
Zahnen 331.
Zellentheorien 141.

Zeugung 297.
Zona pellucida 313, 314,
317.
Zonula Zinnii 255.
Zucker als Nährstoff 6,
in der Verdauung 32,
in der Leber 124, im
Harn 133, im Muskel
157.
Zuckerharnruhr 125.
Zunge 287.

I have of friends, &
 will be for the best.
 I have of friends, &
 will be for the best.
 I have of friends, &
 will be for the best.

Bei Adolph Krabbe in Stuttgart ist erschienen
und in allen Buchhandlungen zu haben:

Medicinische Repetitorien u. Examinatorien:

Band I:

Grundriss

der vergleichenden Anatomie,

nebst

systematischer Uebersicht des Thierreichs und
einer einleitenden Entwicklungsgeschichte.

Von **Dr. C. Kolb.**

Mit 17 Abbildungen in Stahlstich auf 10 Tafeln.

Schmal kl. 8. Gebunden 1 Thlr. 18 Sgr. oder
2 fl. 40 kr. Rhein.

Band II:

Grundriss

der pathologischen Anatomie.

Von **Dr. C. Kolb.**

Mit 24 Abbildungen in Holzschnitt.

Schmal kl. 8. Gebunden 1 Thlr. 18 Sgr. oder
2 fl. 40 kr. Rhein.

Band III:

Grundriss

der Arzneimittellehre.

Von **Dr. C. Kolb.**

Schmal kl. 8. Gebunden 1 Thlr. 18 Sgr. oder
2 fl. 40 kr. Rhein.

Band IV:

Grundriss der Anatomie

des gesunden menschlichen Körpers.

Von **Dr. C. Kolb.**

Mit 140 Abbildungen in Holzschnitt.

Schmal kl. 8. Gebunden 1 Rthlr. 18 Sgr. oder
2 fl. 40 kr. Rhein.

Kolb, C.

Medizinische Repetitorien und Examinatorien

Bd.: 5

Stuttgart 1864

Med.g. 268 n-5

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10085542-1